

## 토목공학에서의 그리드 기술의 미래 Future of Grid Technology in Civil Engineering

신수봉\*                      김철영\*\*                      염현영\*\*\*                      김재관\*\*\*\*  
Shin, Soobong              Kim, Chul-Young              Yeom, Heon Young              Kim, Jae Kwan

---

### ABSTRACT

The paper introduces the grid technology currently applied intensively to civil engineering around the world. Basic concepts of grid technology and its application areas are summarized. Some of available grid systems in foreign countries and also in Korea are introduced and their main goals and functions are compared. Through reviewing the KOCED program currently under development in Korea, the future of the grid technology in civil engineering is groped.

---

### 1. 서론

최근 컴퓨터 기술의 발달과 더불어 그리드 기술을 토목공학에 응용하려는 연구가 국내외에서 다양하게 진행되고 있다<sup>(1, 6)</sup>. 특히 국내에서는 KREONET 및 KOREN과 같은 그리드 전용선이 사용되면서 그 활용에 대한 관심이 토목공학 이외의 분야에서 크게 증대되고 있다.

그리드는 인터넷 밖의 다양하게 분산되어 있는 정보 및 자원에 사용자가 접근하여 정보를 쉽게 활용하고 공유할 수 있도록 하는 시스템으로 정의할 수 있다. 따라서 그리드는 다양한 자료와 특성 및 능력을 가지고 있는 분산 컴퓨팅시스템이라고 할 수도 있으나, 일반적인 분산컴퓨팅 시스템 보다는 보안이 철저하고, 공개된 표준형을 제시하며, 서로 다른 도메인을 일반적으로 넘나드는 형태를 가진다. 또한 그리드 서비스는 웹서비스(web-service)와 유사한 개념이지만 그리드 보안 인프라를 제공하고 일반 웹서비스에 비해 보다 상황 기술적이라 할 수 있다<sup>(1)</sup>.

본 논문에서는 다양한 목적으로 해외에서 진행되고 있는 건설관련 그리드 시스템 구축 및 기술 개발에 대한 자료 및 내용을 소개하고, 이와 유사한 목적으로 그리드 기술을 건설분야에 접목시키고자 국내에서 새롭게 개발되고 있는 KOCED(Korea Construction Engineering Development) 프로그램의 연구내용을 소개하고자 한다. 특히 그리드 시스템의 성격을 제대로 활용할 수 있도록 개

---

\* 정회원 · 인하대학교 토목공학과, 부교수  
\*\* 정회원 · 명지대학교 토목환경공학과, 교수  
\*\*\* 비회원 · 서울대학교 컴퓨터공학부, 교수  
\*\*\*\* 정회원 · 서울대학교 지구환경시스템공학부, 교수

발되는 기술의 범위와 내용을 정리하여 차후 건설분야에서의 그리드 기술 개발의 발전 방향을 검토해 보고자 한다.

## 2. 그리드 기술 및 그 응용

일반적으로 그리드 시스템은 사용 목적에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다<sup>(1)</sup>.

- (1) 계산 그리드 (*computation intensive grid*)
- (2) 데이터 그리드 (*data intensive grid*)
- (3) 분산협업 그리드 (*distributed collaboration grid*)

‘계산 그리드’는 계산 부담이 과중한 경우에 적용되는 것으로 대규모 시뮬레이션이나 해석 혹은 통계처리를 통한 변수분석 등을 적용 예로 들 수 있으며, ‘데이터 그리드’는 데이터 양이 과도한 경우에 사용하는 그리드로 실험 데이터 분석이나 이미지 및 센서 해석 등을 들 수 있다. 이러한 두 가지 경우에 비해 최근에 건설분야에서 연구가 집중되고 관심을 많이 끌고 있는 분야는 세 번째로 구분된 ‘분산협업 그리드’ 시스템이다. 그러나 분산협업 그리드 시스템뿐만 아니라 분류된 모든 그리드 시스템에서 다루는 것들은 일반적인 문제에 비해 복잡하고 큰 문제이기 때문에 여러 구성원들이 공동으로 분담하여 작업을 해야 한다는 기본 취지는 동일하게 유지된다.

분산협업 그리드 활용기술로 최근에 건설분야에서 연구가 다수 진행 중인 분야로는 원격실험 및 분산실험, 원격모니터링, 하이브리드실험 등을 예로 들 수 있으며, 국제 연구기관간의 실구조물 실험에 대한 협동연구가 진행되고 있다<sup>(9)</sup>. 또한 실구조물 실험이 어려운 여건을 반영하여 MiniMost 하이브리드실험 및 Testbed를 이용한 원격실험 및 원격모니터링 연구가 수행되고 있다<sup>(2,10)</sup>. 그러나 아직 컴퓨터 속도의 문제와 같이 원격지 간의 실시간 분산실험 등은 해결해야 할 많은 문제점을 안고 있다. 그 외 관련정보를 저장해두는 정보도서관의 구축, 원격강의, 분산설계, 가상실험실 혹은 현실체험실험실 등의 부가적인 서비스의 개발도 다양하게 추진되고 있다.

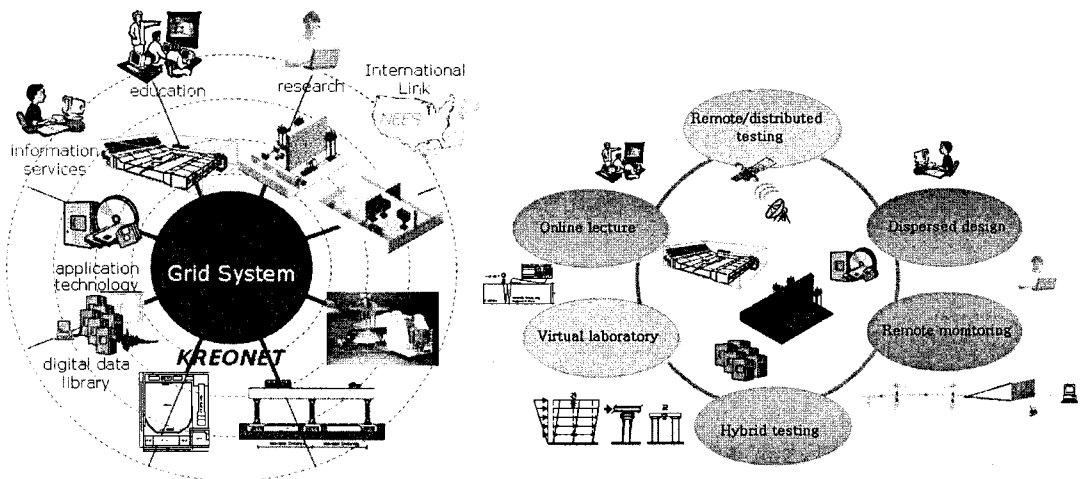


그림 1. 건설분야 그리드 시스템 개념도 및 활용기술 서비스

### 3. 건설관련 기존 그리드 시스템

#### 3.1 NEESgrid

NEESgrid(National Earthquake Engineering Simulation grid)는 토목공학과, 컴퓨터공학센터, 국립실험소와 사설기관들의 다양한 계층의 구성원들의 협력체로 개발되었다<sup>(2)</sup>. 시작은 University of Illinois at Urbana-Champaign의 토목공학과와 NCSA에 의해 이끌어졌으나, 2004년 10월 1일자로 NEESgrid가 NEES Consortium으로 변환되어 현재 유지되고 있다.

NEES 프로그램은 미국 각 대학 토목공학과에 있는 15개 지진관련 실험시설을 그리드 시스템으로 엮어 하나의 분산협업 시스템을 개발하는 것이다. 주된 목표는 지진관련 실험을 분산, 공동으로 수행하는 것을 목표로 하고 있으나, 다양한 실험환경의 구축이 가능하기 때문에 토목공학과 관련된 다양한 실험을 규모 및 역량면에서 이전의 한계를 넘어 실현 가능하도록 하고 있다.

NEESgrid 소프트웨어는 컴퓨터 자원과 연구장비를 이용하여 실험을 계획, 수행하고 결과를 제출하는 협업환경을 구축하여 미국 전역의 지진관련 연구자들이 공유하도록 개발되고 있다. 따라서 NEESgrid는 원격관찰, 원격실험, 시뮬레이션 도구 등 지진공학 연구자들 사이의 다양한 협동연구를 유도하고자 하며, 지진공학 연구자들에게 필요한 다양한 사이버인프라를 구축하고자 한다.

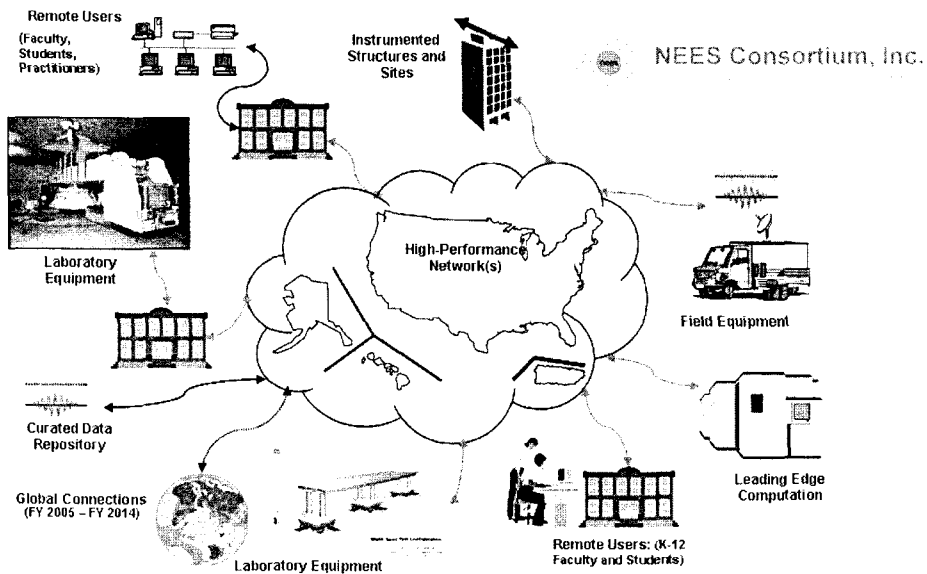


그림 2. NEESgrid 구성 및 개념도<sup>(2)</sup>

#### 3.2 G-Civil

G-Civil은 유럽에서 다수의 산업체가 연계되어 University of Southampton에서 진행되는 e-Science 프로젝트의 하나로 개발되고 있다<sup>(3)</sup>. G-Civil의 주된 목적은 실제 많은 대형 건설 프로젝트들이 그림 3에서와 같이 세계적으로 넓게 퍼져 있는 팀들을 포함하여 진행되는 것과 같이 인터넷 포털을 통해 토목공학 현장 모니터링 데이터를 원격에서 실시간으로 접속하고 다루기 위한 서비스를 개발하는 것이다.

따라서, G-Civil 프로그램의 목표는 토목공학 현장이나 인프라 모니터링 시스템에서 계측된 데이터를 수집·분배하고 시각화(visualization)시키는 프로토 타입 시스템을 개발하는 것이며, 이러한 관찰법(OM: observational method)을 통해 진행 중인 프로젝트의 효과적인 수정이 가능하도록 하는데 있다.

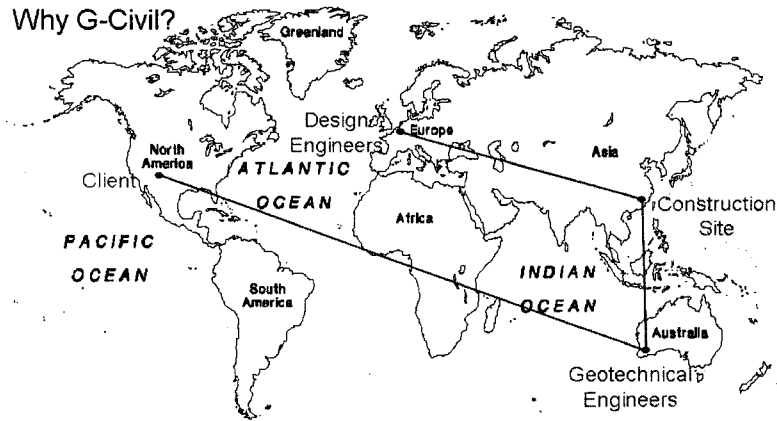


그림 3. G-Civil에서 추구하는 분산협업의 개념도<sup>(3)</sup>

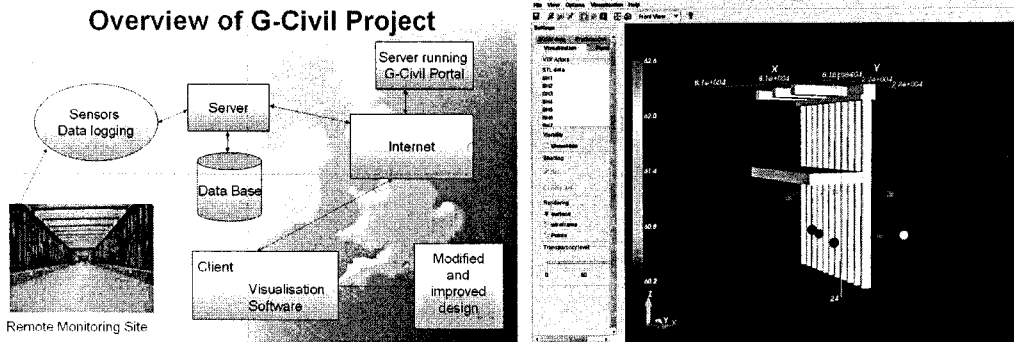


그림 4. G-Civil 개념도 및 포탈의 모니터링 데이터 처리 예<sup>(3)</sup>

### 3.3 IntelliGrid

IntelliGrid는 2004년 9월 ~ 2007년 2월 사이 30개월에 걸쳐 Univ. of Ljubljana를 중심으로 개발이 되고 있는 유럽 프로젝트이다. IntelliGrid 개발의 목표는 건설, 자동차, 항공과 같은 복잡한 산업체에 그리드 기반의 융합 인프라 기술을 제공하는 것이다. IntelliGrid 개발연구팀에서는 미래 공학에 대한 비전을 정보, 통신 및 가공된 자원에 유연하고, 안전하며, 안정적이고, 접근성이 좋고, 내적 작동이 가능하며, 접속비용을 받는 것으로 보고 있다. 따라서 IntelliGrid에서의 주요 쟁점은 가상의 조직체계 안에서 복잡하면서도 풍부한 정보를 작동할 소프트웨어와 서비스들의 내적 작동성을 지원해줄 수 있는 메카니즘을 그리드 기술이 어떻게 제공할 수 있느냐 하는 것이다.

IntelliGrid의 주요 목표 중 하나는 공학 소프트웨어와 서비스를 제공하고 사용하는 소·중형 회사에 적합한 그리드 인프라를 구축하는 것이다. 이들 회사들의 주요 자산은 구조역학이나 3차원

고체 모델링과 같은 것이지 미들웨어 기술이나 내적 작동 플랫폼과 같은 것을 개발하는 것은 아니다. 따라서 IntelliGrid 프로젝트를 통해 이들 회사들이 그리드 컴퓨팅 기능을 사용한 활용기술을 받아들이고 이러한 시스템에 의해 효율성을 증대시키도록 해주는 것이다.

그림 5는 IntelliGrid를 사용하여 엔지니어들이 새로운 차원의 보안과 성능으로 인프라를 협동설계할 수 있는 예를 보여준다. 또한, IntelliGrid는 다양한 건설관련 유즈 케이스(use cases)를 홈페이지에 제시하고 있으며, 다양한 제품과 서비스 및 기술을 IntelliGrid 플랫폼을 통해 제공하고 있다. 특히 IntelliGrid에서는 홈페이지의 “Open Source IntelliGrid Collaboration Platform”을 통해 그림 5와 같이 가상조직(virtual organization) 내에서의 사업진행에 요구되는 분산된 데이터 자원, 서비스 및 활용기술 간의 내적 작동성을 해결해줄 안전하고, 유연하며, 사용이 용이한 웹기반 해법을 제공해주고 있다.

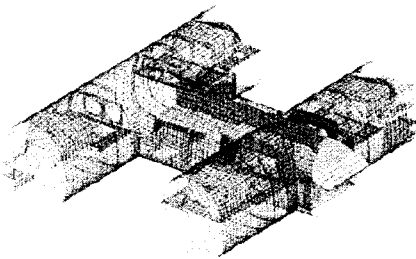


그림 6. IntelliGrid를 사용한 터널설계 예<sup>(4)</sup>

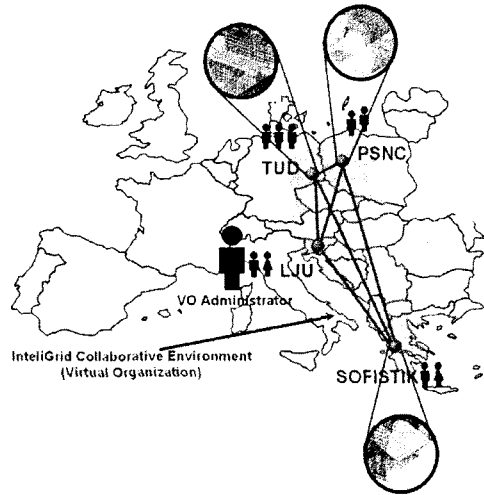


그림 5. IntelliGrid testbed 예<sup>(4)</sup>

### 3.4 AccessGrid

AccessGrid는 멀티미디어 디스플레이, 발표 및 상호작용적 환경, 그리드 미들웨어와 시각적 환경에 대한 인터페이스를 포함하는 자원들을 종합적으로 갖추고 있는 시스템이다. 즉, AccessGrid는 비록 관련자들이 원격으로 떨어져 있지만 자연스럽게 확고한 가상의 회의장소를 제공하여 분산협업을 효과적으로 수행할 수 있도록 해주는 시스템을 개발하는 것이다. AccessGrid의 이러한 기능들은 그리드를 통한 그룹과 그룹 간의 상호작용을 지원하기 위해 사용될 수 있다. 그 적용 예로는 대규모 분산회의, 협업 세션, 세미나, 강의, 트레이닝 등을 들 수 있다.

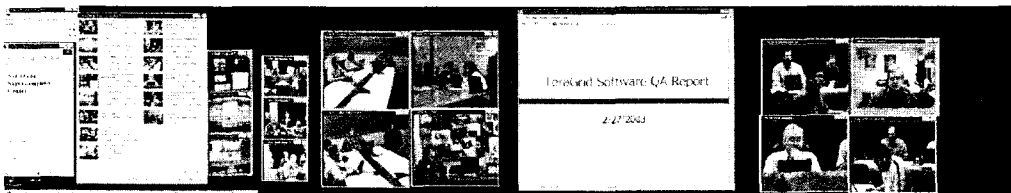


그림 6. AccessGrid 환경 예<sup>(5)</sup>

#### 4. 건설관련 국내 그리드 연구

국내에서 건설분야에서 그리드 관련 연구를 수행하고 있는 대표적인 과제는 KOCED(분산공유형 건설인프라 구축사업)를 들 수 있다. KOCED 프로그램은 NEES 프로그램과 유사하게 국내의 실험시설을 그리드로 연결하여 분산공유형 협업환경을 구축하는 것이다. 다만 NEES 프로그램은 대학에 있는 지진공학 관련 실험시설들을 그리드로 연결하는 반면, KOCED 프로그램에서는 지진에 국한하지 않고 일반적인 건설관련 실험시설들을 구축하고 이를 그리드로 연결하고자 하는 차이점을 가지고 있다.

NEESgrid와 개발 중인 KOCEDgrid의 전체 구조 및 세부 내용을 그림 7과 표 1에 각각 비교 정리하였다. 기본적으로 데이터 서버는 동일한 것으로 적용하지만, 미들웨어는 업그레이드된 것을 사용하고 원격제어 서비스는 NTCP 대신 GTCP를 사용하도록 구성하였다. 그리고 원격제어 및 DAQ 등에 LabVIEW를 통일되게 사용하도록 하였다.

표 1. NEESgrid와 KOCEDgrid 내용의 비교

구분	NEESgrid	KOCEDgrid
포털	CHEF	가칭 KOCEDcentral
중앙 데이터 저장소	NEEScentral	가칭 KOCEDpop
데이터 서버	RBNB	RBNB
그리드 미들웨어	GT3	GT4
원격제어 서비스	NTCP	GTCP
실시간 원격제어 및 실험 자동화	없음	Java (혹은 LabVIEW)
데이터 및 동영상 전송 시스템	DaqToRbnb (데이터 전송)	DaqToRbnb, VideoToRbnb
데이터, 메타데이터 Archive 시스템	Tupelo(NFMS,CASA,NMDS)	File Service
원격지 관측 시스템	flexTPS	flexTPS
해당 장비의 DAQ 프로그램	없음	LabVIEW 이용 제작

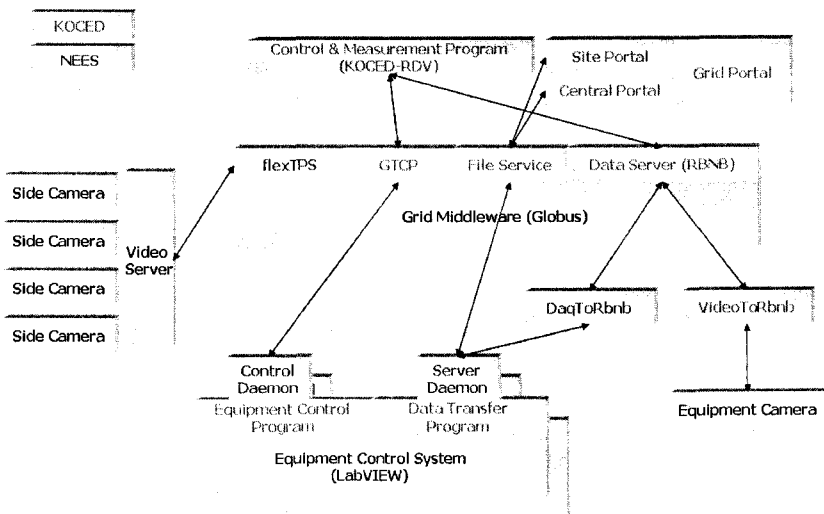


그림 7. NEESgrid와 KOCEDgrid architecture의 비교

KOCED 프로그램은 크게 두 단계로 나누어 개발되고 있다. 즉, 지역에 분산하여 대표적인 대형 실험시설을 구축하는 것과 이들 실험시설들을 그리드로 연결하여 건설분야 연구자 및 관련자, 일반인들이 활용할 수 있는 공유환경을 구축하는 것으로 구분할 수 있다. 이와 관련된 KOCED 프로그램 개발의 자세한 내용과 KOCEDgrid에서 개발하는 다양한 그리드 활용기술 및 서비스의 기본적인 내용들을 그림 8에 정리하였다. 실험시설의 구축은 1단계 6개 실험시설이 그림 9에서와 같이 유치기관이 선정되어 시공 중에 있으며, 그림 10의 2단계 6개 실험시설 역시 기본설계는 완성되어 가능한 빠른 시일 내에 유치기관 선정 작업에 들어 갈 것으로 기대되고 있다.

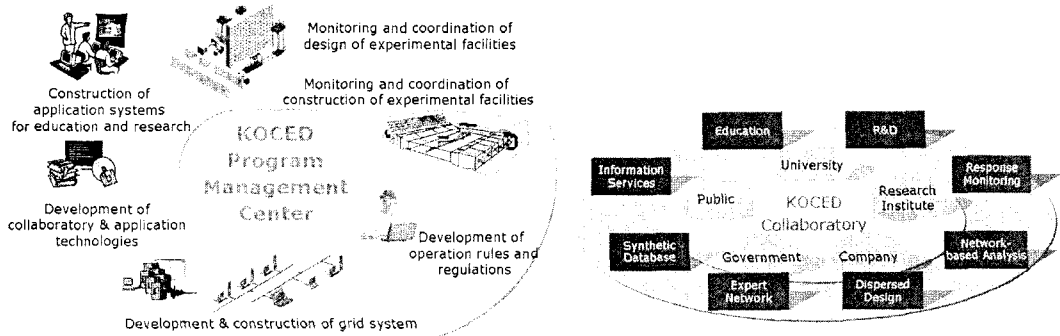


그림 8. KOCED 프로그램 추진내용<sup>(6)</sup>

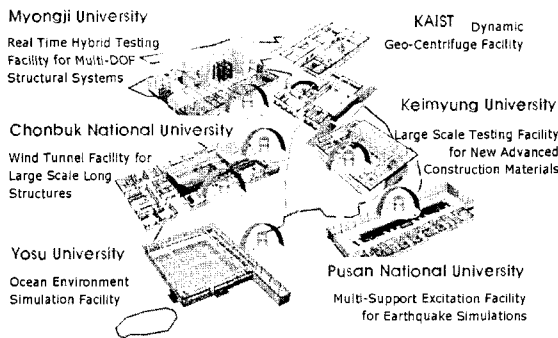


그림 9. KOCED 1단계 실험시설<sup>(7)</sup>

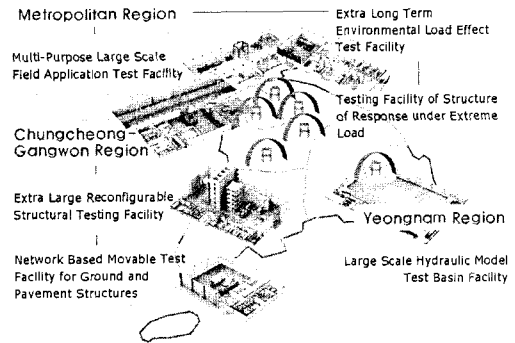


그림 10. KOCED 2단계 실험시설<sup>(8)</sup>

## 5. 요약

본 논문에서는 최근 건설분야에 대한 적용이 적극적으로 모색되고 있는 그리드 기술에 대한 기존의 연구와 현재 국내에서 진행되고 있는 연구를 정리하고 소개하였다.

그리드 기술은 인터넷 기반을 뛰어 넘는 컴퓨터의 장점을 살리면서, 연구의 새로운 패러다임을 창출하는 분야로 확대될 수 있다. 전국 어느 곳에서나, 넓게는 세계 어느 곳에서나, 필요한 경우 협업이 가능하고 모든 필요 정보와 자원의 공유가 가능하다는 것은 지금까지의 독립적이고 제한적인 연구와는 차원이 다른 형태라 할 수 있다. 따라서 그리드 기술 및 그 활용기술의 개발은 이러한 새로운 형태의 연구를 보다 효과적이고 실효성 있게 진행하게 해줄 핵심기술이다.

## 감사의 글

본 논문은 건설교통부 국책과제인 "분산공유형 건설연구인프라 구축사업 추진 연구단"의 지원에 의한 것입니다.

## 참고문헌

1. Dolenc, M., Stankovski, V., and Turk, Ž., "Grid technology in civil engineering," CC2005, Rome, Italy, 30 August~2 September 2005.
2. NEESgrid (<http://it.nees.org>)
3. G-civil (<http://www.soton.ac.uk/~gcivil/>)
4. InteliGrid (<http://www.InteliGrid.com>)
5. AccessGrid (<http://www.AccessGrid.org>)
6. KOCED (<http://www.koced.net>)
7. 분산공유형 건설연구인프라 구축사업 추진연구단, "KOCED 6개 대형실험시설 기본설계 보고서", 2004 8월.
8. 분산공유형 건설연구인프라 구축사업 추진연구단, "KOCED 2단계 대형실험시설 기본설계 보고서", 2005 2월.
9. Mosqueda, G., Stojadinovic, B., and Mahin, S. "Implementation and accuracy of continuous hybrid simulation with geographically distributed substructures", EERC, UC Berkeley, UBC/EERC 2005-02, November 2005.
10. Zhang, Y. "Smart structural systems with a focus on civil infrastructure applications", Lehigh University, Report No. SSL 2004-01, July 2004.