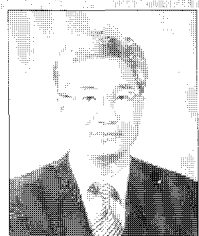


## KOCED 첨단건설재료실험센터

KOCED Advanced Construction Material Testing Center



이승한\*



장준호\*\*



정응욱\*\*\*

\* 계명대학교 첨단건설재료실험센터 센터장  
 \*\* 계명대학교 첨단건설재료실험센터 부센터장  
 \*\*\* 계명대학교 첨단건설재료실험센터 연구원

### 1. 서론

국토해양부 국책사업의 일환으로 분산공유형 건설연구 인프라 구축사업이 2004년부터 시작하여 2009년 6월 20일 종료예정이다. 이 사업은 국토해양부에서 추진해 왔던 기존의 R&D 사업과는 달리 건설기술연구, 기술교육 및 산업체 지원에 활용하여 건설분야 연구 역량을 강화하고, 우수한 기술자를 양성하여 우리나라 건설 산업의 국제경쟁력 향상을 위한 인프라를 구축하는 것이다. 본 기사에서는 분산공유형 건설연구 인프라 구축사업 1단계 6개 실험시설 중 계명대학교 첨단건설재료실험센터의 시설현황 및 활용에 대해 소개하고자 한다.

첨단건설재료실험센터(Advanced Construction Material Testing Center)는 첨단기술을 융합한 다양한 건설 신재료 및 고성능재료의 시험 및 검사 장비를 갖춘 실험시설이다. 이 실험시설은 복합재료 등의 신재료 개발과 강재와 콘크리트를 이용한 고성능 재료의 개발 등 건설 신재료 및 고성능재료의 개발에 활용할 수 있다. 또한 건설구조물의 연결부 상세, 케이블 정착구조 등의 개발 및 평가와 강구조물의 상세별 피로평가 및 설계식 도출 등에 이용할 수 있으며, 최근 사회적 이슈가 되고 있는 폐기물 재활용 기술의

개발과 사용수명 평가를 위한 다양한 연구를 수행할 수 있다. 또한 IT 및 나노기술과 같은 첨단 기술을 융합한 건설재료 개발을 위해서 필요한 성분분석을 가능하도록 하고 있으며, 내구성평가 및 극한상태에서 재료의 거동을 평가하기 위해 온도 조절이 필요한 재료시험이 가능하다.

첨단건설재료실험센터는 사용 재료별로 구분하여 7개 실험실로 구성되어 있다. 7개 실험실은 콘크리트, 암석, 포장재료의 성능실험을 위한 콘크리트/암석 실험실, 강재와 복합재료의 구조적 성능을 평가하기 위한 강재/복합재료 실험실, 온도 및 환경적 영향을 평가하기 위한 장기거동 실험실, 신재료의 성분을 분석하기 위한 미세구조분석실, 광섬유 센서와 비파괴시험 기술을 개발하고 지원하기 위한 센서/비파괴 실험실, 콘크리트와 시멘트 등의 재료시편제작을 위한 제작실, 강재 및 복합재료의 가공을 위한 제작실로 구성된다. 또한, 개발된 건설 재료의 구조적 안전성과 내구성을 검증하기 위한 구조실험실로 구성되어 있다.

특히 첨단건설재료실험센터는 초고속 정보통신 연구망(KREONET)으로 연결되어 건설 공동체가 공동으로 사용할 수 있도록 운영을 하며 구축된 사이버인프라시스템과 연계되어 전국 어디에서나 실험과 데이터전송이 가능하며, 건설재료 실험과목의 공동강의 등에도 활용될 예정이다. 또

한 건설분야 교육과 연구, 기술개발 및 실무적용을 위해서 대학, 연구기관, 기업체 및 정부와 일반인들이 함께 사용하며, 구축된 사이버인프라 시스템으로 연구시설과 연구성과를 공유하고 협업연구를 활성화하여 건설분야 연구 자원의 효율성 및 연구생산력을 극대화하며 건설기술연구, 기술교육 및 산업체 지원에 활용하여 건설분야 연구역량을 강화하고, 우수한 기술자를 양성하여 우리나라 건설산업의 국제경쟁력 향상이 기대된다.

## 2. 실험시설

### 2.1 실험시설의 규모

첨단건설재료시험센터(계명대학교 공학관내)는 2006년 04월 기공식을 시작으로 2008년 10월 준공이 완료되어 현재 시험평가서비스를 개시하고 있다. 사진 1과 같이 실험시설은 지상 3층 규모의 철근콘크리트(RC)구조로, 붉은벽돌 치장쌓기와 THK4.0 알루미늄 복합판넬 및 노출콘크리트로 외부마감이 되어있다. 부지면적은 건축면적 1,968.29m<sup>2</sup>(597평), 연면적 4,808m<sup>2</sup>(1,455평)으로 지상 1층 내구성시험실과 콘크리트재료시험 등, 지상 2층 대형부재시험실 등, 지

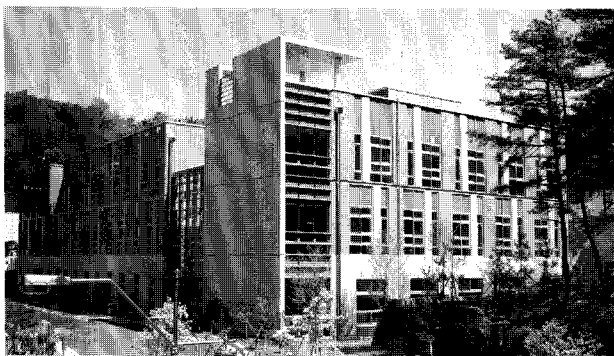


사진 1 첨단건설재료시험센터 실험시설

상 3층 암석포장재료시험실과 센서기술 및 신재료개발실 등으로 구성되어 있다. 실험시설은 연구동과 실험동이 분리 되어 있으며, 연구소 유치를 위한 사무공간을 확보하고 있다. 연구동에는 현재 관련 기업의 연구소 등이 입주하고 있어 실험시설의 효율성을 높이고 실용적인 연구에 도움이 될 수 있으며, 상호 협력체계를 구축할 수 있을 것이다. 표 1에 실험시설의 상세 규모를 나타내었다.

### 2.2 실험시설의 구성

실험시설은 실험에 사용되는 재료별로 크게 7개로 구분하여 구성되어 있다. 그림 1과 같이 재료별 7개의 실험실은 5MN구조재료시험기가 구축되는 대형재료시험실과 콘크리트/암석 시험실(concrete/rock test lab.), 강재/복합재료 시험실(metal/composite material test lab.), 장기거동 시험실(long-term behavior test lab.), 미세구조분석실(microstructure test lab.), 센서/비파괴 시험실(smart sensor/NDT lab.)의 6개 기본 실험실과 계명대학교 기존 보유시설을 공유 활용하는 구조시험실(structural test lab.)로 구성되어 있다. 또한 실험시설은 6개 실험실 외 콘크리트와 시멘트 등의 재료시편제

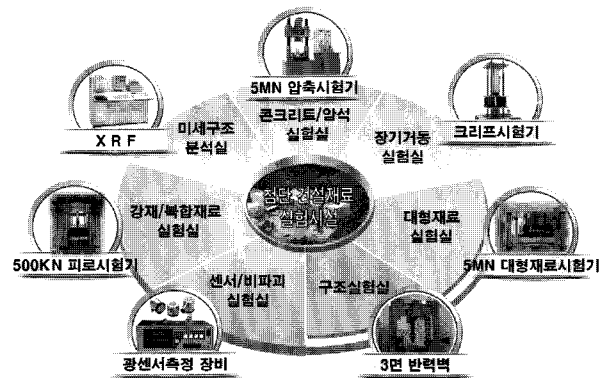


그림 2 실험시설의 구성

표 1 실험시설 규모

구분	내용	
규모	지상 3층	
구조	철근콘크리트(RC)구조	
외부마감	붉은벽돌 치장쌓기+THK4.0 알루미늄복합판넬	
부지면적	건축면적 1,968.29m <sup>2</sup> (597평), 연면적 4,808.15m <sup>2</sup> (1,455평)	
건축면적	지상1층 : 1,96.29m <sup>2</sup> (597.44평)	사무실, 자료실/신재료전시실, 회의실, 강재/복합재료 시험실, 콘크리트재료 시험실, 대/소형부재크리프시험실, 항온항습실
	지상2층 : 1,678.23m <sup>2</sup> (507.66평)	센터장실, 부센터장실, 연구소, 대형콘크리트부재시험실, 및 시편제작실, 내구성시험실, 콘크리트 시험실
	지상3층 : 1,161.63m <sup>2</sup> (351.39평)	연구소, 세미나실, 센서기술 및 신재료개발실, 전산실, 재료성분분석실, 암석 포장재료시험실, 재료시험실, 숙소
	합 계 : 4,808.15m <sup>2</sup> (1,455평)	특징 : 연구동과 실험동 분리

작을 위한 제작실, 강재 및 복합재료의 가공을 위한 제작실 등 2개의 준비실이 있다.

실험시설의 층별 세부 구성은 표 2~표 4와 같다. 실험시설의 1층은 온도와 습도조절이 상대적으로 양호하기 때문에 이들의 지형특성을 최대 활용한 실험실로 항온항습실, 크리프실험실, 항온수조 및 콘크리트재료실험실 등을 배치하였다. 항온항습실은 온도조건 20℃(108m<sup>2</sup>), 20℃~80℃(54m<sup>2</sup>)까지 상온 가변형과 온도조건 -50℃~상온 80℃(36m<sup>2</sup>)까지 가변이 가능한 항온항습실로 총 3실로 구성되어 있다. 이와 같이 항온항습실은 다양한 온도환경뿐만 아니라 극온도환경하에서의 건설재료의 내구성과 특성/성능을 실험할 수 있어 향후 개발되는 건설신재료의 극한환경 실험이 가능하다.

콘크리트재료실험실은 외부와 직접 연결되도록 별도의 출입구를 가지고 있어 레미콘 차량 등의 출입이 가능하도록 하였으며, 급수시설과 입구 쪽에 골재적치장 등을 갖추고 있다. 또한 화상회의가 가능한 회의실과 신재료전시실을 갖추고 있어 신기술 및 신재료 등의 상시 전시가 가능하다.

실험시설의 2층에는 표 3과 같이 주요 재료실험실로 콘크리트/압석, 포장 관련 실험장비와 강재/복합재료 관련 실험장비, 내구성실험실 및 시편제작실 등이 구성된다. 또한, 폭 12m, 높이 9m의 중앙 홀이 2층과 3층이 오픈된 구조로

순폭 3m, 길이 24m, 높이 8m의 5MN대형구조재료실험장비가 위치하고 있다. 또한 중앙에는 20ton 및 10ton용량인 두 대의 크레인을 설치하여 부재 및 장비 운반이 가능하도록 하였으며, 실험시설 북측에는 12m폭의 출입구를 설치하여 외부와 직접 연결되어 대형 트럭 등의 출입으로 대형부재 시험이 가능하도록 하였다.

5MN대형구조재료시험기는 최대재하하중 500ton, 시험 공간 순폭 3m, 높이 5m, 지간길이 24m로 크로스헤드의 자동조정이 가능한 UTM형식으로서 세계 최대 규모이다. 이 장비의 장점은 크로스헤드의 자동조정으로 대형콘크리트 보, 압축부재 등을 빠르고 편리하게 재하할 수 있으며, 국내콘크리트 공장에서 생산되는 PSC전주, 말뚝, 압거, 수로관 등 어떠한 콘크리트 제품의 재하시험에도 대처 가능하다.

실험시설의 3층 공간에는 표 4와 같이 비교적 경량의 실험이 가능한 미세구조분석실과 전산 및 자료실, 센서기술 및 비파괴실험실로 구성된다. 또한 세미나실 및 숙소 등을 구성하여 연구자의 연구 환경 개선을 고려하였다.

### 3. 실험장비

첨단건설재료실험센터의 각 실험실별 제시된 기자재는 총 35종으로 구성되어 있으며, 각 실험실별 주요장비는 다

표 2 실험시설의 1층 구성

항온항습실 Long-term Behavior Test Lab.	항온항습실 1실 : 콘크리트의 크리프 및 건조수축, 보 부재 실험 및 대형 부재 실험이 가능한 항온항습실 1개소, 108m <sup>2</sup> 가변형항온항습실 2실 : 온도조건 20℃~80℃, 54m <sup>2</sup> , 온도조건 -50℃~80℃, 36m <sup>2</sup>
항온수조(Water Bath)	콘크리트 시편 양생을 위한 항온 수조 8기 설치
콘크리트재료실험실	믹서기 및 콘크리트 관련 작업에 소요되는 장비 구비
회의실 및 자료실	화상회의가 가능하도록 구성, 신재료 관련 문헌 및 표준시험방법 관련 자료 구비
신재료전시실	개발된 신재료, 신기술 및 신제품의 전시 공간

표 3 실험시설의 2층 구성

콘크리트/압석 실험실	대형, 중형, 소형, 콘크리트 압석 포장재료 관련 시험장치 구비
강재/복합재료 실험실	강재 및 복합재료 관련 대형, 중형, 소형 시험장치 구비(온도 chamber 등의 구비)
강재/복합재료 시편제작실	절단, 연마, 천공 등의 작업이 가능한 공구 구비
대형 재료 시험기	자체 반력구조와 레일지지 구조를 갖춘 재료시험기(5MN) W3.0m×L24.0m×H8.0m로 대형보, 전신주, 파일, 압거 등의 2차제품 시험가능
내구성 실험실	내구성 관련 실험이 가능한 동결융해축진시험기, 단일온도상승시험기, 중성화 축진장치 등

표 4 실험시설의 3층 구성

미세구조분석실	XRD, XRF, Porosimeter 등 재료의 미세구조 분석장비
센서/비파괴 실험실	광학센서 및 비파괴 관련 장비 및 제작 장치 구비
전산실	재료 관련 정보 및 실험 데이터베이스 관리용 전산장비
세미나실 및 숙소	세미나실, 연구자 숙소

음과 같다.

**3.1 콘크리트/암석시험실(Concrete/rock test lab.)**

콘크리트/암석시험실은 주로 콘크리트, 암석, 포장재료 등의 성능시험이 가능한 시험실로 실린더 형태의 압축시험과 시멘트, 모르타르와 같은 소형시험의 시험장비, 탄성계수, 동탄성계수 등의 측정용 장비가 구축되어 있다. 그림 3은 콘크리트/암석시험실의 주요장비인 5MN 압축시험기의 상세규격을 나타낸 것이다.

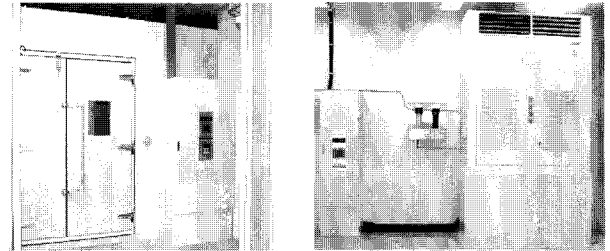
**3.2 강재/복합재료시험실  
(Metal/composite material test lab.)**

강재와 복합재료의 구조성능 평가가 가능한 강재/복합재료시험실은 강재의 인장, 압축, 철근, Cable, Connector 등의 피로시험이 가능한 강재용 500kN 피로시험기와 토목섬유 등의 복합재료의 인장, 압축, 피로시험용 250kN 피로시험기로 구성되어 있다. 그림 4에 강재/복합재료시험실의 주요장비인 강재용 피로시험기(500kN)과 복합재료용 피로시험기(250kN)의 상세규격을 나타내었다.

**3.3 장기거동시험실(Long-term behavior test lab.)**

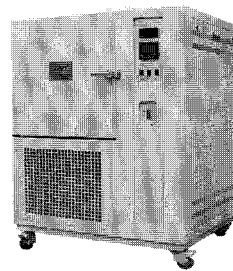
장기거동시험실은 다양한 온도/습도 조건을 구현할 수

있는 소형 항온항습실 및 대형 항온항습실과 내구성시험이 가능한 항온항습기, 항온수조 및 크리프시험기, 동결융해시험기, 촉진중성화시험 장비 등이 있다. 그림 5는 저온(-50℃)에서 고온(80℃)까지 조절이 가능한 항온항습실을 나타낸 것이며, 그림 6은 동결융해시험기와 중성화촉진시험기의 상세규격을 나타낸 것이다.

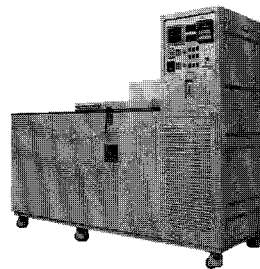


-50~80℃ 가변(36m²) / 20~80℃ 가변(54m²) / 20℃ 항온항습(108m²) 3종

그림 5 항온항습기

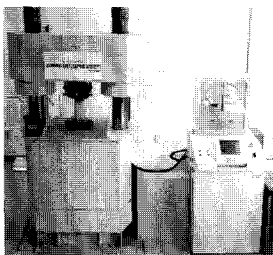


Chamber Size : 600 x 600 x 700 mm  
 Temp. Control : -20 ~ 80 °C  
 Humidity Control : 35 ~ 95 % RH  
 Controller : Digital P.I.D Controller  
 CO<sub>2</sub>Control Range : 5 ~ 20 %  
 CO<sub>2</sub>Control Type : PI Type, Sol. Valve



Chamber Size : 700x500x740 mm  
 Temp Range : -30 ~ 80 °C  
 RECORDER : 2 Point 레코딩  
 자동 펌프 급 배수 타입  
 Heater : Pipe type Fin heater 3 Kw  
 Refrigerator : 3Hp Air COOLING

그림 6 동결융해시험기(상)와 중성화촉진시험기(하)



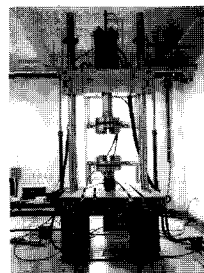
Capacity : 5MN  
 Pressure plates : 380x520 mm  
 Actuator Stroke : 100mm  
 Load measuring range : 100 ~ 5000kN  
 Piston stroke : 100 mm  
 Deformation at max. load : 1.2 mm

그림 3 5MN 압축시험기



Capacity : 250kN  
 Chamber : -125 °C ~ +315°C  
 Test area width : 640 mm  
 Crosshead speed : 0.005 ~ 1000 mm/min  
 Test area width : 640 mm  
 Electric Load cell Fmax : 100kN

(a) 복합재용 250kN피로시험기



Capacity : 500kN  
 Stroke between grips : 950mm  
 Load Accuracy : 6kN to 600kN  
 Strain measurement accuracy : ±0.5% of indicated value

(b) 500kN피로시험기

그림 4 강재/복합재료 피로시험기

### 3.4 미세구조분석실(Microstructure test lab.)

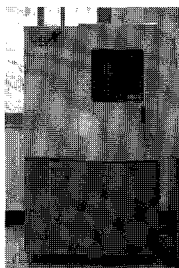
재료의 미세구조 분석을 위한 미세구조분석실은 원재료의 전량분석이 가능한 XRF(X-Ray Fluorescence), 결정의 종류 및 원자배열상태를 분석하는 XRD(X-Ray Diffraction), 기공의 부피, 크기 및 분포와 기공의 표면적, 밀도 등을 측정할 수 있는 Porosimeter 등이 있다. 그림 7에 다양한 첨단 소재의 조직 분석이 가능한 XRD, XRF, Porosimeter의 상세 규격을 나타내었다.

### 3.5 센서/비파괴 실험실(Smart sensor/NDT lab.)

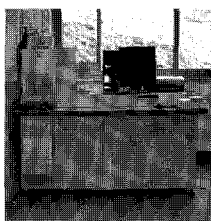
센서/비파괴 실험실은 광섬유 센서 제작 장비, 신재료를 이용한 센서 제작 장비 등 재료의 비파괴시험 기술 개발을 위한 장비 등을 구축하여 토목재료와 IT기술의 융합을 위한 광섬유센서와 비파괴 시험기술을 개발하고자 한다. 그림 8에 광섬유센서 계측기와 음향방출 측정분석기(Acoustic Emission)의 상세규격을 나타내었다.

### 3.6 대형재료실험실


대형재료실험실은 최대재하하중 500ton, 시험 공간 순폭 3m, 높이 5m, 지간길이 24m의 5MN 대형재료시험기가 구



**Irradiation type** : Surface down or up  
**Atmosphere** : Vacuum / Air / Helium  
**Primary Beam Filter** : 4 positions or more  
**Primary Collimator Mask** : 3 Positions or more  
**Analyzing Crystal** : 4 crystal  
**Slit(collimator) system** : 3 positions or more  
**Angular reproducibility** : 0.00050 9 and 29 or better  
**Scanning speed** : 300° 2θ/min or faster  
**Slewing speed** : 1200° 2 θ /min or faster

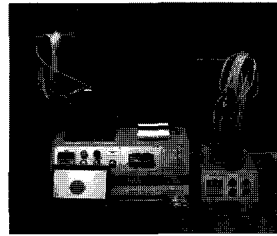


**Chamber for High Temperature** : 1,500°C (in air) or higher  
**Sample atmosphere** : Air, Vacuum  
**Heating Filamen** : Pt or equivalent  
**Reproducibility** : ± 0.002° or better  
**2θ range** : -3 to +154° or wider  
**Scan speed** : 50°/min or faster  
**Slew speed** : 700°/min or faster




**Vacuum/Low Pressure Ports** : 4ea  
**High Pressure Ports** : 2ea  
**Pressure upto** : 60,000 psi  
**Pore diameter** : 0.003 ~ 360 μm  
**Scanning/Stepwise pressure increase mode**

그림 7 XRD/XRF(상) 및 Porosimetry(하)



**Wavelength range** : 1510 - 1590 nm  
**Wavelength Stability** : 2pm ~ 5pm  
**Wavelength repeatability** : 1pm, 0.05 pm with 1,000 averages  
**Dynamic range** : 25 dB  
**Frequency** : 100 Hz

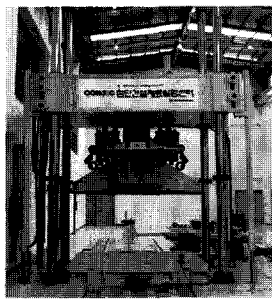
(a) 광섬유센서 계측기



**Sensor Testing** : Auto Sensor Testing Built-in  
**Frequency Response** : 3Khz ~ 3Mhz  
**Dynamic Range** : 85db <  
**Filters** : 4 high Pass, 6 Low Pass  
**Max. signal Amplitude** : 100db AE

(b) 음향방출 측정분석기

그림 8 광섬유 센서 계측기 및 음향방출 측정분석기



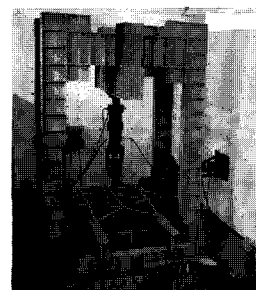
**Capacity** : 5MN  
**Main Size** : 8200(H:Max)  
**Column to Column** : 3000mm  
**휨 · 압축 시험높이** : 5000mm  
**Bending Span** : 23000mm  
**Actuator Stroke** : 500mm  
**Frequency** : 3Hz

그림 9 5MN 대형부재재료시험기

축되어 있다. 이 시험기는 2층 중앙 홀에 설치되는 메인 장비로 대형부재의 휨 및 압축시험과 기둥의 압축시험, 전선주, Pile, 수로BOX, 암거 등 2차제품의 시험이 가능하다. 그림 9에 5MN 대형재료시험기의 상세규격을 나타내었다.

### 3.7 구조실험실(Structural test lab.)

구조실험실은 계명대학교 기존 보유시설을 공유 활용하는 실험실로 그림 10과 같이 반력바닥을 갖춘 대형 3면 반



**Capacity** : 2000KN  
**Main Size** : 7850×12080×7050  
**Column to Column** : 3000mm  
**휨 · 압축 · 전단 시험높이** : 4000mm  
**Bending Span** : 6000mm  
**Actuator Stroke** : 400mm

그림 10 3면 반력벽

력벽과 유압가력장치 및 유압장치 등을 구비하고 있으며, 강재프레임 등을 이용한 구조부재의 성능 평가가 가능하다. 그림 10에 구조실험실에 구축되어 있는 3면 반력벽의 상세규격을 나타내었다.

#### 4. 실험시설의 활용

첨단건설재료실험센터는 전 세계적으로 혁신적으로 변화하는 토목산업에 발 맞춰 나아가기 위하여 건설재료기술 개발 및 활용에 관한 연구와 기술향상에 관한 연구를 더욱 활성화 할 것이다. 특히 사이버인프라 시스템을 이용한 원격참여 환경 구축은 분산공유형 건설연구 인프라구축사업의 목적에 부합한 기본 전산 시스템 및 KREONET망(초고속 연구망)을 이용하여 건설재료 자료수집 및 Database를 확보, Portal 서비스와 CI 교육 프로그램을 통하여 혁신적인 건설기술 교육환경을 구축, 특화된 교육서비스로 활용될 것이다. 또한 지역 건설재료 관련 전문인력 양성과 관련 실무자에 대한 지속적인 교육 및 지원체계를 구축하여 산학협력교육의 활성화 역할을 수행할 것이다. 그림 11에 KREONET망을 활용한 원격 참여 및 관찰에 대한 것을 나타내었다.

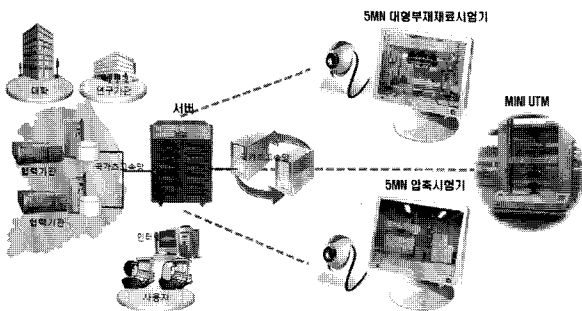


그림 11 KREONET망을 활용한 원격 참여 및 관찰

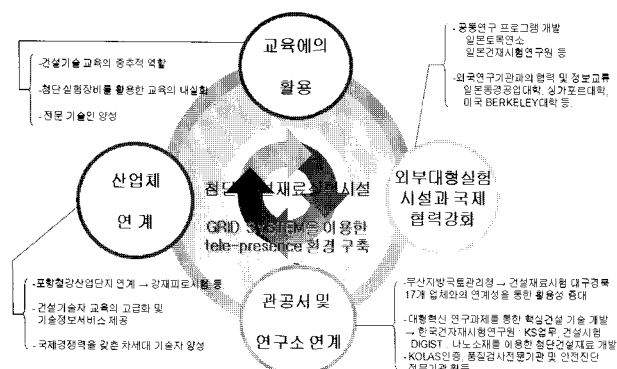


그림 12 실험시설의 활용방안

첨단건설재료실험센터는 국내 대학, 연구기관, 기업체 및 정부와 전체 국민이 함께 사용하며, 공동으로 운영하는 혁신적인 교육/연구 인프라 모델의 개발 및 구축으로 건설기술 교육과 연구, 기술개발 및 실무 기술인력 양성과 첨단기술을 융합한 다양한 건설 신재료 및 고성능 재료를 개발하고, 그 특성 및 성능을 평가하는 연구를 수행하는 실험시설이다. 그림 12와 같이 사이버인프라시스템을 이용한 원격참여환경 구축, 건설 사업체의 기술력 향상, 건설기술 연구와 교육의 역할 구축, 외국 대형실험시설과 국제협력강화 등에 활용할 계획이다.

#### 참 고 문 헌

1. 계명대학교, “첨단 건설재료 특성/성능 실험시설 1차년도 연차실적 및 차년도 계획서”, 2005
2. 계명대학교, “첨단 건설재료 특성/성능 실험시설 사업계획서”, 2004
3. 분산 공유형 건설 연구 인프라 구축사업 추진 사업단, “KOCED 6개 대형실험시설 기본설계 보고서”, 2004
4. 분산 공유형 건설연구인프라 구축사업 추진연구단, “분산 공유형 건설연구인프라구축사업”, 2005. 4
5. 계명대학교, “첨단 건설재료 특성/성능 실험시설 연구개발 계획서”, 2005. 5
6. 계명대학교, “첨단 건설재료 특성/성능 실험시설 연구보고서”, 2005. 5
7. 이승한, 장준호(2005), 첨단건설재료 특성/성능 실험시설, 대한토목학회 정기학술대회(KSCE-SC-140-05-15-C), 2005. 10, pp.3240-3248
8. 계명대학교, “첨단 건설재료 특성/성능 실험시설 2차년도 연차실적 및 계획서”, 2006. 5
9. 계명대학교, “첨단 건설재료 특성/성능 실험시설 연구개발 계획서”, 2006. 8
10. 계명대학교, “첨단 건설재료 특성/성능 실험시설 3차년도 연차실적 및 계획서”, 2007. 4
11. 계명대학교, “첨단 건설재료 특성/성능 실험시설 4차년도 연구개발계획서”, 2007. 4
12. 계명대학교, “첨단 건설재료 특성/성능 실험시설 5차년도 연구개발계획서”, 2008. 4

[담당 : 이진호, 편집위원]