

해외 관련업계 방문기

일본 보수·보강 업계를 방문하고 나서



한 만 엽*

동경대학교 콘크리트 연구실

금년 2월초 보수·보강 연구 수행의 일환으로 자료 수집겸, 일본 보수·보강 업계의 실태조사 및 연구동향을 알아보기 위하여 저자를 포함하여 약 10여명의 연구회 회원이 동경대학, 오노나 연구소, 다카나카 연구소 및 도넨사를 방문하였다. 일본은 지진이라는 자연재해에 대항하기 위하여 모든 구조물을 튼튼히 짓고 있기 때문에 기존 구조물을 없애고 새 구조물을 만드는 신개축 이상으로 보수, 보강을 통한 보개축이 활발한 나라이다. 따라서 이 분야의 기술 및 연구 개발에 대규모의 투자를 하고 있다. 이 기사는 보수, 보강에 관심있는 국내 업계와 대학 및 연구소의 연구자들에게 간략하게나마 일본의 실정을 소개하기 위해 작성된 것이다.

본 연구회는 1993년에 구조물의 보수, 보강 공법에 관한 연구를 수행하면서 이 분야의 광범위함과 다양한 전문가들의 공조체제의 필요성을 절감하여 조직된 보수, 보강분야의 연구 수행을 주목적으로 하는 경인지역의 토목, 건축과 교수 4~5명씩으로 구성된 모임이다. 연구회 모임의 발의는 1994년 초에 제기되었으나 준비 작업을 거쳐 1994년 8월에 처음 결성되었고, 동년 10월에는 과학재단으로부터 구조물 보수, 보강 분야의 핵심전문 연구과제 연구회 모임으로 인정받아 현재 후원을 받고 있으며, 현재 건설부의 보수, 보강 과제와 보수전문 회사의 연구과제등을 수행하고 있다.

동경대에서는 콘크리트 구조분야에 4명의 교수진이 있는데 현재 가장 중진의 위치를 차지하고 있는 Uomoto 교수의 연구실을 방문하였다. 동경대에서는 철근을 대체할 수 있는 탄소섬유를 이용한 콘크리트 구조물의 실험적 연구나, 적외선 촬영 결과의 해석적 연구등이 진행되고 있었으며, SEM과 화학분석 장비등을 갖춘 콘크리트의 미세조직 연구실들을 갖추고 있었다. 강도실험용 만능실험기와 크립시험기, 구조실험기 등을 각각 다수 갖추고 있었으며, 연간 수천만엔대의 연구를 수행하고 있다는 설명이었다. 동경대의 경우는 대학 캠퍼스가 3군데로 분리되어 있어 우리가 방문한 녹분기 캠퍼스외에도 다른 실험실이 더 있다고 한다.

Uomoto 교수에 의하면 일본도 토목이라는 명칭때문에 많은 젊은이들이 토목공학을, 특히 콘크리트 배합 등의 힘들고 더러운 작업을 기피하는 현상이 심하여 그 대책 마련에 고심하고 있다고 하니 이런 사정은 국내와 거의 비슷한 상황이라고 할 수 있다. Uomoto 교수는 이에 대한 대책으로 학생들에게 이론이나 해석을 먼저 수행케 한후, 이를 증명하는 실험을 추후에 하도록 유도하는 방식을 사용하고 있는데 상당히 효과가 있다고 한다.

* 성회원, 아주대학교 토목공학과 교수

오노다 연구소

오노다사는 일본에서도 첫째갈 정도의 역사와 전통을 갖고 있는 시멘트 생산 회사로서 최근 지주회사와의 통합으로 이름이 지주부-오노다사로 변경됐다고 한다. 통합후 이 회사는 시멘트외에도 건설과 무역업등 활동영역을 넓혀 종합회사의 면모를 갖추고 있다고 한다. 또한 현재 오노다사의 사장인 이마부라가 일본콘크리트공학협회의 회장으로 활약하고 있어, 한국콘크리트학회와의 협력 관계 증진에도 강력한 희망을 표출하였다. 연구소는 동경에서 1시간쯤 떨어진 곳에 위치하고 있으며, 우리 일행이 도착했을 때는 부사장, 상무, 연구소장 등의 융숭한 환대를 받았다. 이 회사는 Desalt Referete 공법이라는 보수 공법에 관한 특허를 보유하고 있으며, 한국에의 기술 전수에도 호의적인 자세를 보여 주었다.

먼저 연구소장의 연구소 소개가 있었는데 대지 60,000평에 건평 10,000평에 달하는 넓은 연구시설을 갖추고 있으며, 주요 연구방향은 콘크리트, 전자재 재활용 등 건설분야뿐 아니라 세라믹, 바이오 등의 비 건설분야도 포함하고 있다고 한다. 연구소 소개에 이어 실험실 간학이 있었는데, 도서관, 화학분석실, 분말분석실, 자기공명분석실, 조성분석실, X-ray분석실, 박편실, 현미경실, NMR실 등 주로 시멘트의 미세구조 분석을 위주

로 하는 실험실들을 많이 갖추고 있었다. 국내에서는 한 연구소에 한개를 갖추기도 어려운 고가의 실험장비들이 실험실마다 2-3개 이상씩 여러개를 구비하고 있어서 경제대국 일본을 실감케 했다.

마지막으로 콘크리트 실험실을 둘러보았는데 우리나라의 웬만한 실험실 크기의 항온항습실을 여러개 갖추고 있어서 시편의 제작, 양생, 실험이 모두 다양한 운습 조건하에서 진행되고 있었으며, 양생조를 바닥 아래에 만들어, 공기체의 저장및 운반을 손쉽게 만들었다. 또한 실험실 내부가 활발한 실험의 진행에도 불구하고 대단히 깨끗한 상태를 유지하고 있어서 깔끔한 일본인의 한 단면을 짐작케 하였으며, 실험을 하느라고 실험실이 좀 지저분해졌다는 그 동안의 나의 변명을 무색케 하였다. 구조 실험실도 7대의 만능시험기를 깨끗히 빈지하나 없이 기름칠이 되어 있을 정도로 완벽한 관리를 하고 있었다. 물론 이는 실험실에 관리가사가 여러명 있어서 항상 시설, 장비를 유지, 보수하는데 기인하는 점도 크기 때문에 국내에서도 관리 기사의 필요성이 절실함을 느꼈다.

실험실의 시찰후에는 보수, 보강 공사의 비디오 기록 테이프를 관람했다. 일본에서도 바닷 모래를 사용하여 아파트를 대대적으로 건축한 것이 지난 20년전인데 이들에 대한 대대적인 보수 작업이 진행되었던 기록영화인 것이다. 보수작업은 먼저 전체적인 염해의 분포를 측정하기 위하여 대상 구조

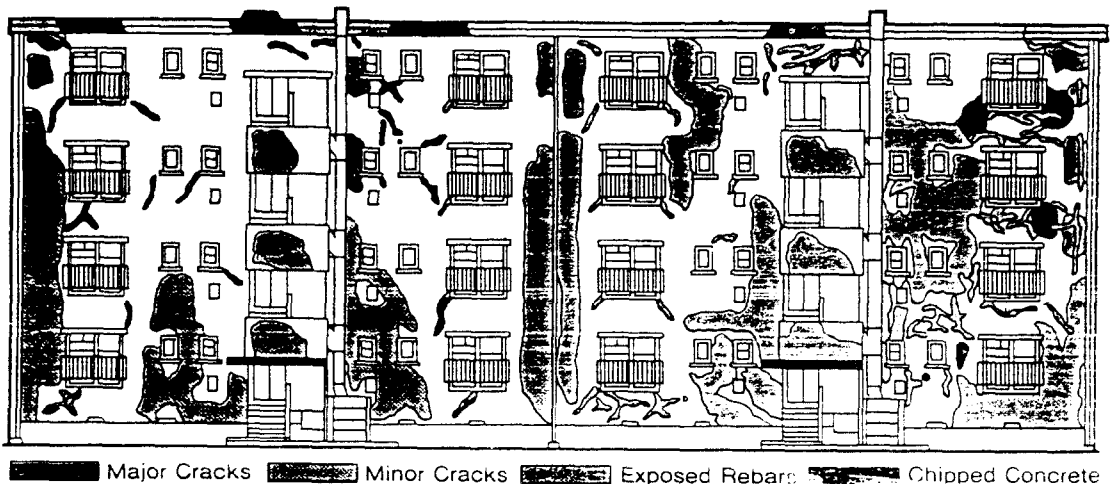


그림 1 적외선 사진을 바탕으로 제작된 구조물의 성능저하 상황도

물에 대한 적외선 사진을 바탕으로 그림 1과 같은 상황도를 작성하는 것으로 부터 시작하였다. 이러한 상황도를 바탕으로 구체적인 보수 대상부분을 선정하여 사전처리, 방청, 몰탈보수, 표면처리 등 일련의 보수작업이 진행되는데, 이러한 전반적인 작업과정을 소상히 볼 수 있었다. 또한 오노다사의 특허 공법인 Referete 공법을 소개하는 데이프도 시청하였다.

종합 토론 시간에는 보수·보강 시장의 현황과 전망등에 대한 폭넓은 대화가 진행되었는데, 우리의 주요 관심사는 오노다사의 보수·보강 장비와 공법에 관한 연구 동향등이었고, 오노다사의 경우는 한국의 보수·보강 시장의 실태에 관한 높은 관심을 표하였다.

다카나카 연구소

다카나카사는 일본에서 다섯 손가락안에 드는 건설업에 기반을 둔 대규모 종합회사이다. 다카나카의 연구소는 역시 건설회사의 실험실단계 구조 실험실이 오노다사의 실험실보다 훨씬 더 큰 규모였다. 연구소내의 거의 일곱 레스토랑 수준의 실내 장식을 하는 등, 쾌적한 업무환경을 조성하도록 노력한 흔적을 볼 수 있었다. 또한 연구실에는 높이 1m에 길이가 40m에 달하는 프리스트레스트 콘크리트 육교를 $1000\text{kg}/\text{cm}^2$ 강도의 콘크리트를 사용하여 가설하였는데, 가냘팠 보이는 날아갈듯

한 모습과 육교하부에 진동을 줄이기 위한 댐퍼를 설치한 점이 특이하였다. 다카나카 연구소는 그림 2에 보이는 것과 같은 기하학적으로 설계된 특이한 배치와 건물 구조의 일부로서 조성된 연못도 있는 아주 인상적인 건물이었다. 연구소의 설계는 달의 분화구를 본뜬 모양으로 자연을 뜻하는 원과 지성을 의미하는 직선으로 구성된 것이라는 설명이다.

안내자의 간단한 연구소 소개에 이어서 다카나카 그룹의 활동상에 대한 홍보 비디오를 시청하였다. 이들의 연구소 설립 목적은 1) 새로운 기술개발, 2) 시공의 문제점 해결, 3) 건설 현장 계획, 4) 교육 훈련 프로그램 제공 등에 있다고 한다. 이어 최신 기술을 이용한 다양한 특이한 구조물의 건설과 미래에 대한 비전 제시가 있었는데, 멤브레인을 이용한 돔의 설계나, 음향 분석을 통한 음악당의 설계, 핵발전소, 지하공간 구조물, 건설자동화, ... 등 아주 다양한 내용이 소개되었다.

이어진 실험실 견학은 음향실을 필두로 재료실험실, 구조실험실 등을 둘러보았는데, 일본 최대 규모의 건설 실험실중 하나라는 자랑에 걸맞게 실험실과 장비의 규모가 상당히 큰 규모였다. 구조 실험실의 내력벽은 두께가 4m에 달하고, 실험용 동적 액추에이터는 용량이 2000ton 이며, 그림 3에 보이는 것과 같은 실험 크기의 기둥에 대한 동적 실험이 진행중이었고, 역시 실험 크기의 슬라브가 다음 차례를 기다리고 있었다. 여러가지의 실험진 시편과 실험후 시편들이 공장내부를 꽂채우고 있었음에도 불구하고 바닥에 그려진 구획선을 따라 모든 장비, 재료들이 잘 정리되어 있어 매우 깨끗한 인상을 받았다.

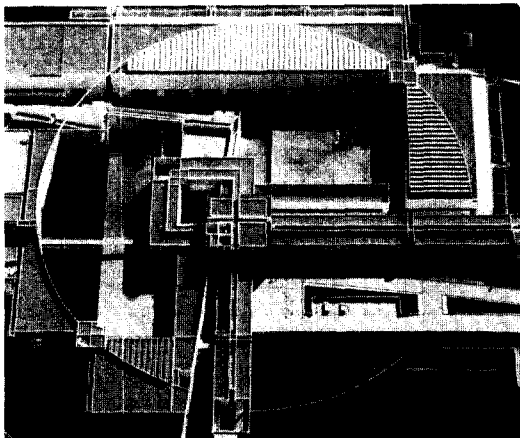


그림 2 다카나카 연구소의 전경, 자연을 뜻하는 원과 지성을 의미하는 직선으로 구성된 설계라함

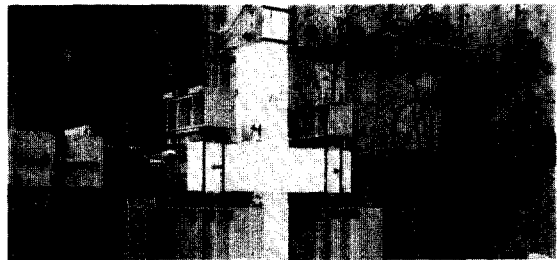


그림 3 두께 4m의 내력벽에서 기둥 접합부에 관한 실험이 진행되고 있는 모습

또한 다음 실험실에서 원심력으로 200G의 중력 하중을 가할 수 있도록 설계된 이 연구소에서 세계 최대 장비라 자랑하는 원심력 발생장치가 있었다. 그림 4에 보이는 이 장비는 주로 토질에서 연약지반 연구나, 장기간에 걸친 다짐, 중력에 의한 토류 구조물의 안정성 실험, 또는 지하공간 시설 개발 연구에 이용될 수 있는 것으로서 미국의 UC Davis 등 전 세계적으로 몇대 없는 세계 최대의 장비라는 소개가 있었다.

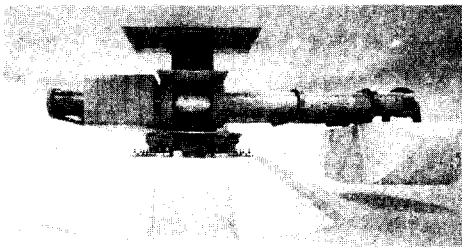


그림 4 원심 모형 실험 장비, 200G의 중력 하중을 가할 수 있는 토질 연구용 장비

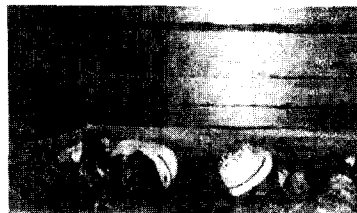
실험실 관람후 철근 콘크리트 빌딩의 보수, 보강에 대한 실제 설계 사례를 포함한 세미나가 있었는데, Strengthening, Repair, Retrofit 등 보수, 보강의 개념과 등급, 그리고 실제 설계, 시공 사례를 바탕으로 기존 건물의 보수·보강 방법에 대한 기술적인 문제점과 경제적인 문제 등에 관한 열띤 토론의 장이 발표자인 기부라 박사와 있었다.

도넨 연구소

도넨사는 주로 복합 재료를 생산하는 회사로서



1) 에폭시 도포 공정



2) 탄소섬유시트 부착



3) 시공후 배관한 외관

그림 5 탄소섬유 보강 공법의 진행과정

건설분야에서는 탄소섬유 제품과 보수·보강에 필요한 소재들을 만들어 공급하는 회사이다. 보수·보강 재료의 상당 부분이 폴리머, 에폭시 계통의 화학 물질들인 경우가 많아, 회사 전체에서 건설분야의 비중은 그리 큰 편이 아니라고 하며, 따라서 건설분야의 전문가와 장비 등은 아직 부족한 형편이라는 소개가 있었다.

따라서 건설관련 연구는 오사카대 등의 대학과 연계하여 진행되고 있는데, 최근 수행한 연구로는 교량 상부구조의 피로 특성을 분석하기 위하여 상판에서 바둑이 왕복 운동을 할 수 있도록 설계한 실험장비를 제작하여 실시된 실험을 소개하였다. 이 실험은 피로실험 방안으로는 교량 기둥의 실제 상황을 실제로 가깝게 모사할 수 있는 상당히 새로운 착상이라 할 수 있는 것으로 조만간 학회에 발표할 예정이라고 한다.

탄소섬유를 이용한 교량의 보강 공사현장은 동경에서 1시간쯤 떨어진 곳에 있었다. 이 교량은 상판을 보강한 것으로 상판의 하부에 탄소섬유 시트를 부착하였다. 탄소섬유를 이용한 보강 공사는 강판 공법에 비하여 시공이 간단하고, 작업속도가 빨라 탄소섬유의 단가가 비싸다는 단점에도 불구하고 전체적인 비용에는 큰 차이가 없어 점차 그 적용범위를 넓혀가고 있다는 설명이었다. 그림 5에는 도넨사의 특허 공법인 Tow sheet 공법을 보여주는 것으로서 에폭시 도포와 탄소섬유 부착, 그리고 탄소섬유 보강 공법의 장점인 시공후 매끈한 외관을 순서적으로 보여준다.

결 언

지진등의 천연재해를 입거나 건설된지 20-30년

이상되어 구조물의 안정성이 문제가 되는 경우에만 보수·보강을 실시하는 외국의 경우에 비하여, 건설된지 10년도 되기전에 심지어는 건설중에도 구조물의 안전성이 문제가 되어 안전 진단이나 보수, 보강을 요하는 일이 많은 우리나라에서는 문제점의 분석이나 해결 방안의 제시 등이 외국과는 다른 점이 많다고 할 수 있다.

또한 기존 구조물을 가능한한 살리고 오랜동안 보존하려고 노력하는 인식이 국내에는 부족한 형편이며, 공공 구조물의 사용자의 경우도 법규를 무시하는 과적을 일삼아 구조물의 수명을 단축시키는것 또한 다반사라 할 수 있다. 급속한 경제발전으로 인하여 건물의 공학적인 수명이 다해서가 아니라 경제학적인 수명이나 사용 목적의 변화 또는 소득 수준의 향상에 따른 인식의 변화로 기존 구조물이 보수 보존보다는 신축을 택하게 되는 경우도 많다고 할 수 있다.

국내의 보수·보강 시장은 아직은 초보 단계로서 주로 소규모의 회사들에 의하여 분점되어 있는

관계로 전문성의 결여는 물론이고, 시공된 보수, 보강의 효과에 대한 평가는 아예 생략된 채 작업이 진행되고 있다. 따라서 보수·보강의 필요에 의하여 작업은 진행되고 있으나, 보수 공사에 의하여 얼마만큼 내하력이나 내구성이 향상되었는가는 판단하지 못하고 있는 실정이다. 현재 국내에서는 구조물의 안전진단이 대대적으로 진행되고 있는 만큼, 다음 단계로서 조만간 경제적이고 효율적인 보수·보강 공법에 관한 기술의 확립이 주요 관심사가 될 것으로 예측된다.

기존의 구조물을 수리 보강하여 좀더 오래 사용할 수 있도록 관련된 공법과 기술을 개발하여 기존의 구조물들을 살려야 한다는 취지하에 금번 일본 방문의 모토를 "S. O. S.(Save Our Structure)"라 하였다. 이 캐치프레이즈는 가깝게는 구조물의 수명연장이라는, 또 멀게는 후손에게 물려줄 가치가 있는 문화 유산의 보존이라는 목적을 달성하는 결실을 맺을 수 있도록 모든 노력을 경주하자는 뜻을 담고 있다. 