

# 21세기를 대비한 신기술을 찾아서

신성렬 · 이성민 / 연구개발부 과장

곽규식 / 토목기술부 대리

**기 간 :** 1996년 12월 12일 ~ 12월 22일

**목 적 :** GPR(Ground Penetration Radar) 장비교육,  
선진 터널 기술의 동향파악 및 자료입수

**출장지 :** 미국 시애틀, 워싱턴, 보스톤

**당사** 기술연구소에서 구입한 지반 및 비파괴 범용 조사 장비인 GPR(Ground Penetration Radar)의 효과적인 운용과, G-7과제의 일환으로 고속철도 건설 공단 주관하에 연구 중인 “고속철도 대단면 터널의 정보화 시공”을 위한 자료수집 및 선진 기술의 동향 파악을 목적으로 미국 GPR 장비 제조업체인 GSSI사와 터널 설계 및 시공 전문회사인 Shannon & Wilson Inc. 그리고 수치해석 Program 개발 및 터널 Consulting 전문 업체인 Comtech Research사를 방문했다.

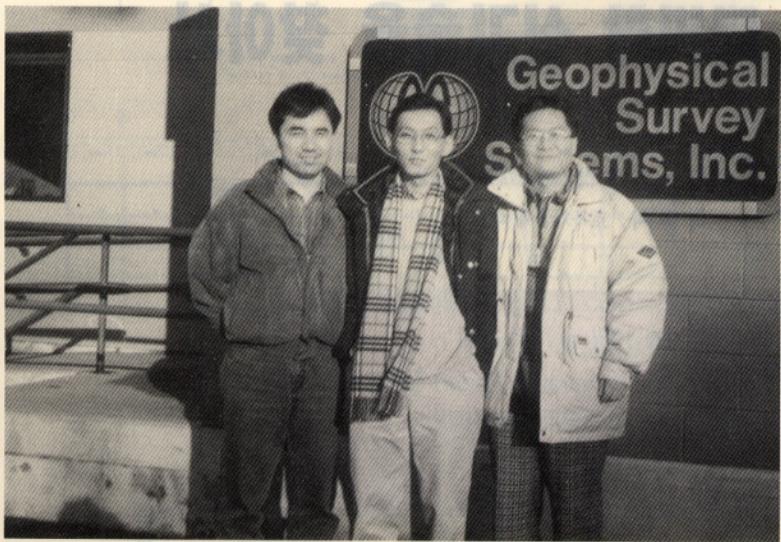
김포공항을 출발한 일행은 나리타 공항을 경유하여 12일 새벽(현지시간)에 이번 출장의 첫 목적지인 Shannon & Wilson Inc.사가 있는 시애틀에 도착했다. 워싱턴 대학 부근 Silver Cloud Inn에 숙소를 정하고 잠시 휴식을 취한 후 호텔로 찾아

온 Harvey박사와 함께 당사에서 추진 중인 토목 관련 프로젝트와 G-7과제 그리고 당사에서 건설 중인 녹사평 대단면 터널 정거장 등에 대해 토론했다. Shannon & Wilson Inc.사의 수석 부사장인 Harvey W. Parker박사는 일리노이 공대에서 1976년에 박사학위를 받았고, ITA, ASCE, ISRM 등의 학회에서 회장 또는 임원으로 활동하고 있다. Harvey박사는 40여건의 논문과, 12건의 Transit 프로젝트, 30건의 지하 공간 개발 프로젝트, 20건의 터널 프로젝트, 26건의 철도 터널 재건 및 확장 프로젝트, 11건의 항만 프로젝트, 9건의 댐 프로젝트 등 토목 전분야에 걸친 풍부한 실무 경험과 이론적인 바탕을 가진 세계적인 전문가이다.

Shannon & Wilson Inc.사는 직원이 약 300여명인 터널 설계 및 시공 전문 회사로서, 약 40년 이상 철도 터

널, 도로 터널, 군사용 지하 병기, 핵 폐기물 처리시설, 수력발전 등의 지하 건설에 참여하여 왔으며, 토목환경 부분에도 50여명의 전문가가 활발한 활동을 하고 있다. Harvey박사로부터 Shannon & Wilson Inc.사에 대한 설명을 듣고 환경분야(Geo-synthetic) 전문가인 Gregory R. Fischer박사를 소개받았다. 점심식사 후 컴퓨터 전문가인 Hollie L. Ellis를 소개받고 Shannon & Wilson Inc.사에서 추진하는 프로젝트와 시설을 견학하였다.

13일 다시 Shannon & Wilson Inc.사를 방문하여 지하 공간 개발의 각 분야별 전문가인 Robert A. Robinson(지하 공간), Brian C. Dorwart(지반 조사 및 계측 장비 개발), Paul M. Godlewski(철도 터널 시공), Stanley R. Boyle(암반 역학)와 인사를 나눈 후 회사 부근에 있는



GPR장비 제조업체인 미국 GSSI사 앞에서

그리스풍의 식당에서 점심을 함께 하며 서로간의 관심사에 대하여 토론하였다.

점심식사 후 일행은 Shannon & Wilson Inc.사가 수행한 주요 프로젝트 중 가장 자랑거리인 Mount Baker Ridge Tunnel 시공에 대한 비디오를 관람하였다. Mount Baker Ridge Tunnel은 Hard Clay지반에 직경 24.4m, 연장 450m로 건설된 시애틀의 대규모 도로터널로서 Main Tunnel을 굴착하기 전 직경 3m짜리 24개의 콘크리트 Drifts로서 링을 형성한 후 굴착하는 인상적인 공법을 적용하였다.

비디오 관람 후 당사가 관심을 가지고 있는 1) 터널의 방/배수 Type을 결정하는 요인과 2) 터널 내의 허용 용수량과 Drain System 그리고 Watertight Tunnel에서 누수가 발생

할 경우의 대처 방안에 대해 논의하였으며, 그 결과 미국도 한국과 같이 터널의 방/배수 형태 결정에 관한 한 비슷한 문제가 있으며 현재도 많은 터널에서 누수가 발생하고 있어 터널 내의 누수에 대한 새로운 보강 방법을 검토하고 있음을 알았다.

따라서, 터널의 방/배수 Type을 결정하기 위해서는 면밀한 지반 조사와 시공 중 발생하는 용수량의 측정 그리고 다년간 축적된 경험과 Engineering Judgement에 따라 결정하는 것이 타당하다는 결론을 내리고, 상기의 문제에 관해서는 서로의 의견과 정보를 지속적으로 교류하기로 하였다.

터널과 관련하여 장시간의 토론 후, Harvey 박사는 Kuo-Hsia Chang과 터널의 수치해석에(FLAC 2-D, 3-D, DDA(Discrete Deforma-

tion Analysis)) 대한 의견을 교환할 수 있도록 주선하였다. Kuo-Hsia는 오랜 세월 컴퓨터와 관련된 일을 한 고령(72세)의 수치해석 전문가로서 암반의 절리면을 보다 정확히 표현할 수 있는 방법과 암발파를 표현할 수 있는 새로운 해석 소프트웨어인 DDA를 소개하였다.

Shannon & Wilson Inc.사에서의 공식적인 일정을 마치고 숙소로 돌아오는 길에 일행은 워싱턴대학에 잠시 들러 캠퍼스를 돌아본 후 '시애틀의 잠못이루는 밤'을 위하여 시애틀 다운타운을 구경하며 시애틀의 명소인 시애틀타워(Space Needle)에 올라갔다. 창밖으로 보이는 시애틀의 야경은 고층빌딩과 항구의 불빛이 어우러져 만들어 내는 한 폭의 그림과 같았다.

시간차에서 오는 피곤한 몸을 이끌고 12월 14일(토) 시애틀을 출발하여 미네아폴리스를 경유해서, 두번째 출장지인 Comtech Research사가 있는 워싱턴에 오후 9시 쯤 도착하여 김광진 박사의 안내로 Hampton Inn에 숙소를 정하였다.

Comtech Research사는 수치해석 프로그램 개발과 터널에 대한 컨설팅을 하는 회사로서 최근에 유한요소법을 이용한 SMAP-S2 Version 5.0과 3차원 해석 Program인 SMAP3D를 개발한 바 있다. 김광진 박사는 일리노이 공대 토목과에서 박사학위를 받고 20년 이상을 토목 관련 업무에 종사한 토목 전문가이다.

12월 15일(일) 김박사의 저녁 초대를 받고 우리는 와인과 꽃을 준비

97년도부터 시작되는 건설시장 개방과, 나날이 심화되는 무한 경쟁의 시대에 처한 현재의

상황에서 최신 건설 기술의 습득과 동향 및 정보수집은 매우 중요한 부분이다. 최신 기술을 가진 세계적인 업체와 연구소 및 전문가를 만나 흐름을 파악하고 이를 적절히 활용해야만 당사의 경쟁력 제고의 기초를 만들 수 있다.

• 청진유도(인)

- 전자계의

• 청자유도(인)

- 통신선 유도

- 전자계의

• 코로나 방전에 미친

전자파감응(RF-TVI)

• TV Ghost

- 충전선로가 수명연장에 미치는 영향

초과하는 경우 전력선

주위 공기의 부분 결

연파괴에 의해 코로나

(Corona)방전이 발생

하는데, 주제금지

하였다. 조용한 교외에 있는 김박사의 집은 전형적인 미국식 2층집이었는데 마침 크리스마스 전이라 동네의 모든 집들이 크리스마스 장식과 불빛으로 치장하여 동화속에 나오는 장면 같았다. 김치, 깍두기, 회, 갈비 등 풍성한 한국 음식과 함께 한 저녁식사 후 김박사의 연구실에서 커피를 마시며 인생살이부터 연구생활에 이르기까지 많은 이야기를 나누었다. 사질토, 점성토 등의 토사 터널 뿐만 아니라 암석, 절리 등을 고려한 암반 터널의 수치해석 분야에 잘 적용할 수 있는 재료모델 개발에 서로의 의견을 지속적으로 교류하기로 하였다.

12월 16일(월) 워싱턴을 출발하여 이번 여정의 마지막 목적지인 보스톤 공항에 도착하여 GSSI사의 장비 개발 및 교육 담당인 Thomas J. Fenner를 만났다. Thomas의 안내로 뉴햄프셔주 Salem시로 이동하여 Park View Inn에 숙소를 정하였다. GSSI사는 MIT공대 출신 3명의 엔지니어가 1970년 회사를 설립하여, 원자력발전소의 시공성 평가를 위한 프로젝트 수행의 일환으로 Radar를 이용한 System과 이를 더욱 보완 발전 시킨 Sir System-10A, Sir

System-2를 개발하였다. 현재 GSSI사는 Ground Penetration Radar 장비의 제조 뿐만 아니라 이 장비를 이용한 다양한 용역 서비스를 수행하고 있다.

GSSI사의 간단한 소개와 함께 GPR의 기초원리 및 측정 등에 관한 비디오 관람을 시작으로 4일간의 교육이 시작되었다. 이 후 장비 Operation 및 안테나별 특징 소개, 적용성 검토를 마친 우리 일행은 500MHz 안테나로 배면 공동조사, 400MHz로 암반 특성 (파쇄대, 절리 등)조사, 200MHz로 매장물 조사, 1000MHz로 NDT용 철근 배근 및 피복 두께 조사 등을 통한 장비 실습을 하였다. 교육 마지막날 자료 처리 소프트웨어 Radan 교육이 끝난 후, GPR의 새로운 적용성을 찾기 위하여 GSSI사에서 수행한 용역 보고서 및 터널의 암반 특성 조사 등 많은 관련 자료를 입수하였으며, 남아프리카에서 GPR을 이용하여 암반의 특성을 분석하고 있는 회사를 소개 받았다.

12월 20일(금) 오후 Park View Inn 숙소를 출발하여 보스톤으로 향하였다. 보스톤은 슬램가와 하버드대

학, MIT공대 등이 함께 있는 국내에서는 꽤 오랜 역사(?)를 가진 교육 도시다. 일행은 MIT공대 캠퍼스를 둘러보고 구내서점에서 지하공간개발, 지하수유동해석, 신경망이론 등에 관한 책을 구입한 후 보스톤 항구가 내려다보이는 메리어트 호텔에 여정을 풀었으며, 그 다음날인 12월 21 일(토) 보스톤 공항을 출발하여 22일(일) 오후 9시에 서울에 도착하였다.

97년도부터 시작되는 건설시장 개방과, 나날이 심화되는 무한 경쟁의 시대에 처한 현재의 상황에서 최신 건설 기술의 습득과 동향 및 정보수집은 매우 중요한 부분이다. 최신 기술을 가진 세계적인 업체와 연구소 및 전문가를 만나 흐름을 파악하고 이를 적절히 활용해야만 당사의 경쟁력 제고의 기초를 만들 수 있다고 생각된다. 금번 미국 출장에서 세계적인 터널 전문가인 Harvey 박사 등을 만나고 그들과 계속적인 정보 교류와 경험을 공유할 수 있는 기회를 갖게 되어 상당히 고무적이라 생각되며, GPR 장비의 직접 제작자인 GSSI의 기술자들과 만남의 자리를 함께 한 것에 큰 의미를 두고 싶다. **S**