

노르웨이 여빅 지하 경기장 공동연구 사례

심 욱 진 (현대건설 기술관리본부 본부장)

이 영 남 (현대건설 기술연구소 지반기술부 부장)

1. 머리말

현대건설은 노르웨이 여빅시에 건설된 여빅 올림픽 지하 경기장(Gjovik Olympic Mountain Hall)의 건설 기술에 관하여 93년 5월부터 NGI, SINTEF 등 노르웨이측과 공동 연구를 수행 중이다. 연구는 94 년말까지 완료 예정으로 현재 연구 요원 4명이 현지에서 파견되어 연구에 임하고 있다. 최근 폐막된 릴리함메르 동계올림픽은 환경 올림픽이라는 구호하에 치루어져 기존 생태계와 자연을 원형대로 보존하려는 노르웨이인들의 노력이 경기장 건설에서도 드러나 세계인의 관심을 끈 바 있다. 여빅 지하 경기장도 이러한 환경보존 노력의 일환으로 릴리함메르 시에서 남서쪽으로 45 Km 떨어져 있는 여빅 시내에 위치한 지하 암반내에 평균 35 m 의 깊이에 91 m x 61 m x 25 m 의 규모로 건설되었다. 이 경기장 연구에 대한 당사의 참여는 국제 수준의 노르웨이 암반 기술 및 지하 공간 기술을 도입하기 위한 것으로 동 연구가 끝나는 94 년말경에는 지하 공간 건설에 필요한 기본적인 기술을 보유하는 것을 연구 목표로 하고 있다.

2. 시공 개요

여빅 지하 경기장은 이제까지 지하 암반 굴착을 통해 건설된 경기장 중 세계 최대 규모이다. 이 공사의 최종설계 및 시공은 Turn key 방식으로 노르웨이의 대형 건설 회사인 Veidekke社와 Selmer社의 Joint Venture 인 VS-Group 이 수행하였다. 노르웨이는 산이 많고 평지가 적은 지형적인 조건으로 인해 오래 전부터 암반공학과 관련된 기술이 발달되어 현재 이 분야의 기술이 가장 앞서 가고 있는 나라 중의 하나이다. 총 5,400 명의 관중을 수용할 수 있는 여빅 경기장은 폭 61 m, 길이 91 m, 높이 25 m 규모로서 올림픽 기간중에는 아이스하키 경기장으로 이용되었으며, 앞으로는 경기장으로서는 물론 콘서트홀, 전시장 등 다양한 문화공간으로, 전시에는 여빅시민 전체가 대피할 수 있는 민방위 시설로 이용될 예정이다.

여빅 경기장은 노르웨이 Noteby, NGI, SINTEF, 그리고 Fortification社 등이 공동으로 사전 조사 및 기본 설계를 한 후 91년 4월에 착공하였다. 공사 현장이 시내에 위치해 진동, 소음, 교통문제 등에 대한 엄격한 규제 기준에 따라 수행되었다. 공동 굴착은 크게 두 부분으로 나누어 진행되었다. 상부 터널(Top Heading)은 일반적인 터널 굴착방식으로, 하부는 수직 벤치 발파공법으로 굴착되었다. Center Top Heading 터널은 지반조사 역할을 겸해 공

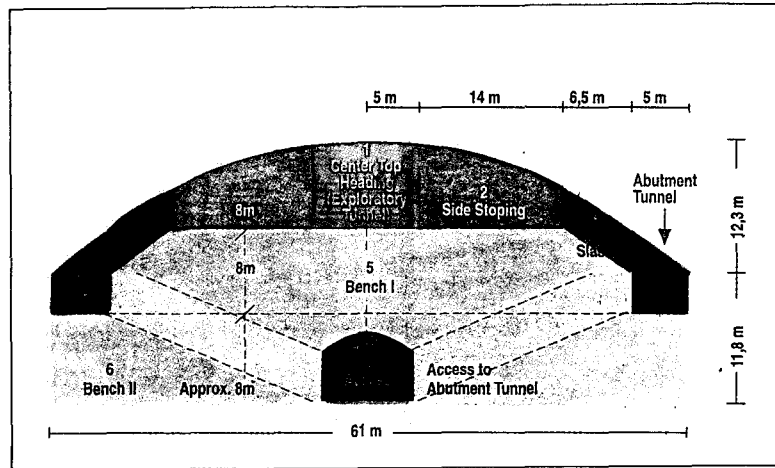


그림 1 굴착 단면도

동 상부에서 10m 폭으로 굴착하고, 이어 터널 양편을 각각 14 m 폭으로 확대 굴착하였다 (그림 1 참조). 발파 작업후 공동 벽면 및 천정부의 보강을 위해 영구 암반 지보공으로 길이 6m 앵커 볼트와 12m 길이의 케이블 볼트를 설치하고 습윤식 슛크리트를 2 회에 걸쳐 각각 5 cm 두께로 타설하였다. 상부 진입 터널에 이어 공동 하단에 주 진입 터널(Main access)을 뚫은 다음 벽면 터널(Abutment tunnel)을 굴착하였다. 또 지중변위 계측기를 설치해 시공 중 발생하는 암반 변위 및 침하 상태를 측정하여 그 결과를 최종 설계에 반영하였다.

상부 단면 굴착에 이어 하부 단면은 일반 벤치 발파공법(최대 벤치 높이 12m)으로 굴착되었다. 하부 단면 굴착후 암반 보강을 위해 길이 3-10 m 의 앵커 볼트를 설치하고 습윤식 슛크리트를 타설하였다. 공동 굴착은 착공후 8 개월만인 91년 12월에 완료되었는데 시공된 주요 물량은 암반 발파 굴착 140,000 m³, 앵커 및 케이블 볼트 설치 3000 본 등이다. 공동 굴착 공사에 이어 기초 및 내부 시설 공사를 93 년 4 월까지 마쳐 경기장 공사를 완료하였다.

3. 공동연구 프로그램

경기장의 시공과 동시에 노르웨이 SINTEF 를 중심으로 한 12 개 기관과 현대건설 등 총 13개 기관이 연구비로 미화 6,600,000 \$ 을 투자하여 현장 중심의 지하공간 연구를 수행 중이다. 현대건설은 이 중 연구비 600,000 \$ 을 분담하고 4 개 연구 분야에 총 6 명을 94 년말까지 파견하여 연구에 직접 참여하는 것은 물론 모든 연구 결과(보고서, 컴퓨터 소프트웨어, 공사 기록, 규정집, 상세 설계)를 입수하게 된다.

본 연구는 크게 다음의 4개 Subtask 연구 분야로 나누어 진다.

- Subtask No.1 : 지하 공간에서의 에너지와 환기
- Subtask No.2 : 암반공학

Subtask No.3 : 방재, 안전과 인간 심리

Subtask No.4 : 시방 및 규정

3.1 Subtask No.1 : 지하 공간에서의 에너지와 환기

공공 시설로서 이용되는 지하 공간은 일반 건축물과는 달리 외부로부터 격리되어 있어 환기를 위한 별도의 특별한 송풍시설이 필요하고 라돈가스 등의 해로운 방사선 물질 발생에 대비해야 한다. 또한 지하 공간은 암반 자체가 일종의 절연체로서 역할을 해 냉,난방에 필요한 에너지를 절약할 수 있는 잇점이 있으므로 에너지 절약 최적 설계가 필요하다. 이 분야에서의 세부 연구 항목은 다음과 같다.

- Quality control of energy and climatic units
- Development, verification and documentation of simulation models related to heat accumulation and energy consumption
- Optimal energy facilities for rock cavern stadiums

현대건설은 이 분야에 한 명의 연구원을 파견하여 년중 Energy consumption prediction 기법과 화재시의 Smoke control 설계를 위한 해석 기법을 연구하고 있다.

3.2 Subtask No.2 : 암반 공학

타 분야에 비해 비교적 늦게 학문의 한 부분으로 자리잡은 암반 공학은 지하 공간 개발에 있어서 핵심이 되는 기술 분야이다. 주로 광산 개발 등과 관련해서 연구되어 오던 중 근래에는 토목 분야에서 지하 공간 개발과 관련하여 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이 분야에서의 세부 연구 항목은 다음과 같다.

- Instrumentation and rock mechanics
- Evaluation of safety methods
- Follow-up of geoenvironmental field methods
- Geophysical measurements
- Numerical analysis
- Vibration control and blasting technology
- PC-based system for dynamic measurements
- Development of CW radar for foundation studies

현대건설은 이 분야에 두 명의 연구원을 파견하여 두 개의 소분야 연구에 임하고 있다. Georadar Tomography 를 이용한 지반조사 방법과 Vibration monitoring 결과 분석 등을

한 명의 연구원이 담당하고 있으며, 다른 한 명은 3차원 FEM 과 3DEC 을 이용한 지하공간해석에 관한 연구를 하고 있다.

3.3 Subtask No.3 : 방재, 안전과 인간 심리

지하 공간에 대한 인간 불안 심리요인의 제거 및 화재 등 재해에 대비한 지하 공간 구조를 연구 대상으로 한다. 이 분야에서의 세부 연구 항목은 다음과 같다.

- Experience of safety and risk conditions in rock stadiums
- Information neighbourhood
- The public, psychology and the design of facility
- Fire safety in rock cavern stadium

3.4 Subtask No.4 : 시방 및 규정

지하 공간의 개발, 설계, 시공, 관리 등에 관한 시방과 규제 기준을 연구한다. 지하공간 건설과 관련된 자료와 정보를 최대한 수집하고 Subtask No.1-3 의 연구 결과를 종합하여 체계적인 시방서 및 규정집을 만든다. 이 분야에서의 세부 연구 항목은 다음과 같다.

- Revision of regulations for public facilities in rock caverns
- Guidelines for planning and construction of rock caverns for public use
- International codes and regulations for cavern engineering

현대건설은 한 명의 연구원을 이 분야에 파견하여 노르웨이의 경제적인 선진 터널시공 기술의 실체를 분석, 정리하고 있다.

4. 맺음말

최근 국토의 효율적, 입체적 활용 및 환경보존 측면에서의 지하공간 개발 필요성이 대두되고 있으며 지하공간 활용에 대한 타당성이 여러면에서 입증되고 있다. 이에 부응하기 위하여 현대건설은 이번 노르웨이와의 공동연구를 통하여 지하공간 건설에 관련된 자체 기술의 개발 및 축적 그리고 선진 외국 기술을 도입함으로써 우리나라의 지하공간 건설에 이바지할 수 있을 것이다.