

03

# 『최신 댐 안전 및 유지관리 기술』 국제심포지엄 개최기



김수근 부장 / K-water 수자원관리처



반우식 차장 / K-water 수자원관리처



김봉상 과장 / K-water 수자원관리처

## 1. 개요

한국대담회와 K-water가 공동 주최하는 국제심포지엄은 댐 건설 및 안전관리 등에 대한 국내외 기술개발 현황 및 관련 산업동향 등을 공유하고 토론하기 위해 2015년 『선진 댐 건설기술 방향』을 주제로 처음으로 개최되었으며, 2016년에는 『최신 댐 안전 및 유지관리 기술』을 주제로 K-water 교육원 40주년 기념홀에서 11.9일 개최되었다.

금번 국제 심포지엄에는 이학수 K-water CEO(現 한국대담회장), John Wolfhope 미국 대담회장, Lars Andresen 노르웨이 지반연구소 소장 등 약 200여명의 국내외 전문가들이 참석하여 심도 깊은 주제발표와 패널토의 등 참여자들의 높은 관심 속에 성공적으로 완료되었다.

## 2. 프로그램 소개

금번 국제심포지엄은 국내외 최신 댐 안전 및 유지관리 기술과 관련된 4편의 주제에 대해 발표가 이루어졌으며, 특히 역대 최대 규모 지진(16.9월 경주, M 5.8)을 계기로 댐 등 시설물의 내진 안전성 확보에 대한 내용 또한 심도 있게 다루어졌다.

이학수 K-water CEO(現 한국대담회장)의 개회사를 시작으로 4편의 주제발표 및 5명의 패널토의, 김봉재 K-water 사업관리이사의 폐회사 순으로 진행되었으며, 주제발표는 John Wolfhope 미국 대담회장의 「Dam Safety Management



〈그림 1〉 주요인사 사진접견



〈그림 2〉 이학수 한국대담회장 개회사



〈그림 3〉 기념촬영

in the United States», Lars Andresen 노르웨이 지반연구소 소장의 「New Technology in Geotechnical Safety Management of Dams», 김수근 K-water 수자원안전부장의 「K-water's Dam Safety Management Status and Future Plans», 배정주 한국시설안전공단 처장의 「Seismic Safety Ensuring of Dam Appurtenant Structures in Korea」순으로 약 2시간 동안 진행되었다.

발표 후에는 김동수 KAIST 교수를 좌장으로, 안태봉 우송대학교수, 신동훈 K-water 기반시설연구소 소장, 권혁기 한국시설안전공단 실장, 김기석 희승지오텍 대표 등 5명의 패널과 4명의 주제발표자가 참여하여 약 1시간 반 동안의 열띤 토론이 이어졌다.

주제발표와 토론 외에도 K-water 및 한국대담회 홍보 및 관련 정보공유를 위해 댐 안전관리 및 보수보강 사례 등에 대한 배너를 전시하였다.

### 3. 주제발표 내용

#### (1) Dam Safety Management in the United States (John Wolfhope 美 대담회장)

본 발표에서는 미국 댐 현황, 보수보강 및 안전관리 사례, 노후댐 철거 가이드라인 및 사례 등이 주로 다루어졌다. 미국은 약 9만여개 댐이 있으며, 민간(Private) 64%, 지방정부(Local) 20%, 주정부(State) 7%, 연방정부(Federal) 4% 순으로 소유하고 있고, 9만여개의 댐은 평균 56년이 경과하여 노후화가 심하며 안전관리, 보수보강 및 재개발(철거) 등에 대한 논의가 활발히 진행 중이다. 또한, 용도별로 볼 때 전체 댐 중 레크리에이션을 위한 댐이 28%로 홍수조절용댐 18%보다 10%나 많으며, 친수개념의 댐이 증가하고 있다는 것도 흥미로웠다.

댐 안전관리 분야에서 그라우팅 및 차수벽 설치 등을 통한 댐 제체 안전성 확보는 물론 홍수대응능력 증대를 위한 제방증고, 월류방지벽 설치, 댐 증고 등 다양한 사례가 소개되었다.

특히 최근 우리나라에서도 많이 논의되고 있는 댐 철거와 관련하여 USSD(United States Society on Dams)의 댐 철거 가이드라인에 대한 설명과 Klamath River 4 Dams(발전용) 철거사례가 소개되었다. 미국에서는 설계기능 유지 가능성 및 경제성 분석 등을 통해 댐 철거를 결정하고 있으며, 발전 등 기능상실에 따라 일부 댐을 철거한 바 있으나, 용수공급 및 홍수조절 등 주요 기능을 하는 댐 철거사례는 없는 것으로 설명하였다. 주요 발표내용은 <표 1>과 같다.

#### (2) New Technology in Geotechnical Safety Management of Dams (Lars Andresen 노르웨이 지반연구소 소장)



<그림 4> 발표장면

<표 1> 주요 발표내용

1. 미국의 댐 현황
  - 댐 건설역사 및 목적별 댐 현황 등
2. 미국 노후댐의 보수보강 및 성능연장
  - 그라우팅, 제방 및 댐 증고 등
3. 미국의 댐 안전관리
  - 안전관리관련 법·제도, 관리자 의무 등
4. 미국 노후댐 철거
  - 철거 가이드라인 및 절차, 사례 등

본 발표에서는 성공적인 댐 안전관리를 위한 5가지 요소 및 신기술 현황에 대해 소개하였다. 5가지 요소는 지반 조건, 모니터링, 수치해석, 리스크 분석, 완화대책이며, 5가지 안전관리 요소를 확보하기 위한 기술로 AEM(Airborne EM), Lidar Scanning, 인공위성을 활용한 변위측정 등 댐 안전 모니터링을 위한 신기술을 소개하였으며, 체계적·효율적 리스크 관리를 위해 수용가능한 수준의 리스크를 분석하고, 리스크 Matrix, Event Tree 분석 등에 대해 자세히 설명하였다.

또한, 노르웨이 지반연구소에서 직접 수행한 Limon Dam(페루) 여수로 암반 안전성 모니터링 및 Zelaxny Most Dam(폴란드), Sermo · Wonogiri · Song Putri · Parangjoho Dam(인도네시아)들의 2D · 3D 동적해석 등 다양한 사례가 소개되었다. 주요 발표내용은 <표 2>와 같다.



<그림 5> 발표장면

<표 2> 주요 발표내용

1. 노르웨이 지반연구소 소개
  - 댐 엔지니어링 역사, 보유 기술 등
2. 성공적 댐 안전관리를 위한 5가지 요소
  - 지반 조건, 모니터링, 수치해석, 리스크 분석, 완화 대책
3. 댐 안전관리를 위한 신기술(사례 포함)
  - 지반 개량, 수치해석 및 분석, 계측 등

### (3) K-water's Dam Safety Management Status and Future Plans (김수근 K-water 수자원안전부장)

본 발표에서는 K-water의 댐 안전관리 현황과 향후계획에 대해 소개하였다. 먼저 우리나라의 자연재해(홍수 · 지진) 증가, 댐 노후화 등 위협요인 증가에 따른 댐 안전관리 필요성을 설명하고, K-water 안전관리시스템, 댐 내진설계기준 및 성능평가 결과, 다기능보 안전관리 현황에 대해 소개하였다.

특히, 주기적인 점검 · 진단, 실시간 지진감시 및 매설계기 계측을 포함한 통합안전관리시스템, 조기경보시스템, 대형 원심모형시험기, 위기대응 모의훈련 등 K-water의 다양한 안전관리 활동을 소개하였다.

향후계획에서는 취수탑 내진안전성 확보 및 댐 제체 보강 등을 포함하는 댐 안전성 강화사업 및 지진 대응 체계 강화를 위해 통합지진감지시스템 고도화, 부대시설물 내진성능 평가, 노후지진계 교체 등의 계획이 소개되었다. 주요 발표내용은 <표3>과 같다.



<그림 6> 발표장면

<표 3> 주요 발표내용

1. 댐 안전관리 필요성 및 현황
  - 기후변화, 지진증가, 댐 노후화 등
2. K-water 안전관리 시스템
  - 점검 · 진단, 실시간 모니터링 및 분석, 댐 내진성능 평가, 보 안전관리 현황 등
3. 향후 계획
  - 댐 안전성 강화사업, 지진대응 종합대책 등

(4) Seismic Safety Ensuring of Dam Appurtenant Structures in Korea (배정주 한국시설안전공단 처장)

본 발표에서는 댐 부대시설물 내진설계 개념 및 방법, 부대시설 내진성능평가 등에 대해 소개하였다. 현재 ICOLD에서는 내진설계 빈도를 10,000년으로 제시하고 있으나, 국내에서는 MCE(Maximum Credible Earthquake) 개념이 미 확립되어 통상 1,000년으로 내진설계를 하고 있어, 정부·공공기관·학계 등 관련 전문가 참여하여 설계기준 정립에 대한 필요성을 설명하였다.

또한, 여수로, 취수탑, 수문, 발전소 등 댐 부대시설별로 내진성능평가 및 보수보강 등을 실제 사례를 바탕으로 소개하였다. 주요 발표내용은 <표 4>와 같다.



<그림 7> 배정주처장 발표장면

<표 4> 주요 발표내용

1. 한국의 댐 내진설계 방향
  - 내진설계 변화 및 내진성능평가 개요
2. 시설물별 내진성능평가
  - 여수로, 수문, 도수로, Surge Tank, 취수탑, 발전소 및 설비 등
3. 내진보강 방법 및 사례
  - 피어, 취수탑, 공도교, 기계설비 등

4. 패널토의

패널토의는 김동수 KAIST 교수를 좌장으로, 안태봉 우송대교수, 신동훈 K-water 기반시설연구소 소장, 권혁기 한국시설안전공단 실장, 김기석 희승지오텍 대표 등5명의 패널과 4명의 주제발표자가 참여하여 댐 안전관리 문제점 및 해결 방안, 내진성능 확보대책을 주요 의제로 약 1시간 반 동안 심도 깊게 이루어졌다. 토론내용의 이해도를 높이기 위해 주요 토의내용은 <표 5>와 같이 정리하였다.

분 야	세 부 내 용	
안전 관리	총평	K-water 댐 안전관리는 선진국과 비교시에도 전반적으로 우수
	ICT 도입	첨단장비(드론, 인공위성 등) 및 ICT 기술(빅데이터)을 활용 Risk의 즉시 탐지가 가능한 적극적 모니터링 필요
	계측기기	고장계측기 및 미설치 계측시설 보완 방안 마련 필요지진계측 DATA의 학계 공유를 통한 연구활성화 및 공동연구 필요
	보수보강	노후화에 따른 보강기술, 예산확보 등 해결방안 마련 필요 미국의 적극적 댐 안전관리(증고, 차수벽 등) 벤치마킹 필요
지진 대응	총평	내진설계 미반영 시설에 대한 대책 및 MCE 정립 필요
	내진설계	現 시설물에 대한 강화된 내진설계 기준(2011) 만족여부 검토 필요
	설계빈도	내진설계빈도 확립을 위한 전문가 그룹의 토론 등 공론화 필요
기 타	역량강화	교육훈련을 통한 역량강화, 댐 안전관리산업 활성화 필요
	R&D	댐 성능연장 및 보강 등의 근거마련을 위한 기존댐 잔존수명 산정기법 개발, 노후도 평가기법 등 관련 연구 필요
	제도개선	국토·농림·행자부 등 다원화된 관리체계 일원화 필요

<표 5> 패널토의 주요내용



〈그림 8〉 패널토의 장면



〈그림 9〉 김봉재 이사 폐회사

## 5. 맺음말

금번 국제 심포지엄은 최근 사회적으로 관심이 높은 있는 지진 및 댐 안전과 관련된 다양한 요인과 대책에 대해 깊게 생각할 수 있는 기회가 되었다.

기존에 건설된 수자원 시설의 효율적 활용을 위해 현실적으로 직면한 또는 장래 예상되는 다양한 문제를 공유하고, 대책을 토의할 수 있는 기회가 지속적으로 제공되길 바라며, 한국대댐회 차원에서 자체 기술개발 및 선진기관과의 기술 협력을 지속적으로 강화하여 당면한 문제 해결을 위한 노력이 필요할 것이다.

이번 행사를 위해 힘써 주신 인프라안전연구소(舊 기반시설연구소) 및 한국대댐회 관계자분들께 진심으로 감사드립니다.