해 외 출 장 복 명 서

출 장 명: 인도네시아 댐 안전관리시스템 구축사업 기초선조사 연구과제명: 2026 국제농업협력(ODA) 성과관리(1/5차연도)

1. 출장 목적

□ ‘인도네시아 댐 안전관리시스템 구축사업(2026-2029)’ 기초선조사

- 본 출장은 인도네시아 댐 안전성 확보 및 자연재해 등에 의한 댐 붕괴 시 하류 주민의 피해 최소화와 더불어 농업용수를 포함한 수자원의 효율적 활용을 위해 추진 중인 「인도네시아 댐 안전관리시스템 구축사업」의 기초선조사를 목적으로 함. 이를 위해, 전담 인력 대상 역량 기초선조사(Baseline Assessment)와 정밀안전진단 대상 댐 현장 조사를 수행함.
- 특히 향후 인도네시아 중앙 댐 안전 모니터링 센터에서 관련 업무를 담당할 현지 인력의 역량을 객관적으로 측정하기 위해, 이들을 대상으로 사전 평가(시험) 및 심층 인터뷰 조사를 실시하여 기초선값을 설정함. 이를 통해 사업 종료 시점에서 정량적인 비교분석이 가능하도록 성과측정 구조를 설계할 계획임.

□ 관계기관 협의를 통한 성과관리 체계 구축 방향 논의

- 인도네시아 공공사업부 수자원청 내 댐호소국(PU, DBD) 면담을 통해 향후 댐 안전관리 모니터링 센터 근무 대상자 현황 및 인력 구성 체계 파악
- 성과관리 체계 고도화 방향 공유 및 기초선조사 추진을 위한 협조 체계 구축
- 댐 중앙안전관리센터 설립 계획과 향후 센터 운영 인력 역량 강화 방향에 대한 인도네시아 측 의견 수렴

□ 정밀안전진단 대상 댐 현장 조사 및 운영·관리 실태 확인

- 사업 대상 댐 2개소 방문을 통한 현장 여건, 접근성, 운영 실태 확인
- 안전관리 체계 현장 적용 가능성 및 성과관리 지표 현실 적합성 검증
- 비교 분석을 위한 댐별 관리 수준, 위험 요인, 제약 조건 등 기초자료 수집

2. 출장 개요

○ 출장자, 출장지, 출장 기간

소 속	출장자	역할 및 분야	출장지	출장 기간
국제농업개발 협력센터	김동휘 연구원	– 종료평가 현지조사 총괄 – 현지 관계기관 면담 주재 – 기초선조사 기획 및 방향 설정	인도네시아 (다등급)	2026.10.12.~ 2026.10.17. (총 5박 6일)
	정진솔 연구원	– 출장 일정 운영 전반 지원 – 기관 면담 및 현장방문 시 논의사항 기록 – 기초선조사 자료 취합·정리		
국토안전관리원 인재교육원	박정현 교수	– 안전진단 대상 댐 구조 및 안전관리 실태 점검 – 기초선 조사 시 인적 역량 정성·정량 평가 주재 – 기초선조사 및 성과지표 설계 관련 기술 자문		2026.10.14.~ 2026.10.17. (총 3박 4일)

3. 일정표

No	일 자	방문 기관	수행 업무	참석자
1	10.12. (월)	◦인천(ICN)→자카르타(CGK)	• 인천(15:05)→자카르타(20:10) KE5623	김동휘 정진솔
2	10.13. (화)	◦공공사업부 댐호소국 (PU, DBD)	• 사업 기대성과 및 댐 안전관리 계획 논의 • 전담조직 역량강화교육 대상자 현황 확인 및 기초선조사 협조 요청 • 성과관리 협력 구조 논의	
3	10.14. (수)	◦자카르타(CGK)→마카사르(UPG)	• 자카르타(07:00)→마카사르(10:30) GA610	
		◦BiliBili 댐 *사업대상 댐 10개소 중 하나로 Central Java 지역에 위치	• 댐 운영·관리 실태, 모니터링 환경 확인 • 댐 안전관리 체계의 현장 적용 가능성 검토 • 성과관리 지표의 현장 적합성 검증 • 후속조사를 통한 추가 기초자료 수집 방안 검토	
		◦마카사르(UPG)→자카르타(CGK)	• 마카사르(19:50)→자카르타(21:25) GA615	
4		◦인천(ICN)→자카르타(CGK)	• 인천(15:05)→자카르타(20:10) KE5623	박정현
5	10.15. (목)	◦Karian 댐 *사업대상 댐 10개소 중 하나로 Banten 지역에 위치	• 댐 운영·관리 실태, 모니터링 환경 확인 • 댐 안전관리 체계의 현장 적용 가능성 검토 • 성과관리 지표의 현장 적합성 검증 • 후속조사를 통한 추가 기초자료 수집 방안 검토	김동휘 정진솔 박정현
6	10.16. (금)	◦공공사업부 댐호소국 전담조직 역량강화교육 대상자 **정량평가**	• 정밀안전진단 및 모니터링 역량강화 프로그램 참여자를 대상으로 사전 역량평가 시험 실시 – 전담조직 인력 대상 역량 수준에 대한 기초선(Baseline) 정량 데이터 확보 • 1차 점수 채점 결과를 토대로 익일 실시 예정인 정성평가(인터뷰)의 수준 및 범위에 대해 검토 • 사전·사후 역량평가 체계 적용을 위한 평가 문항 및 측정 구조 논의	
		◦공공사업부 댐호소국 전담조직 역량강화교육 대상자 **정성평가**	• 정밀안전진단 및 모니터링 역량강화 프로그램 참여자를 대상으로 인터뷰 실시 – 전담조직 인력 대상 역량 수준에 대한 기초선(Baseline) 정성 데이터 확보 • 인터류 결과를 기반으로 한 역량 평가체계보완 및 적용 가능성 논의	
		◦자카르타(CGK)→인천(ICN)	• 자카르타(23:15)→인천(08:30, +1일) GA878	

4. 출장 결과

1) 성과관리 현지 조사 착수 회의

□ 일시: 2026. 10. 13.(화) 9:00~12:00

□ 장소: 인도네시아 공공사업부 수자원청 내 회의실

□ 참석자

○내부: 김동휘 연구원, 정진솔 연구원

○외부: Slamet Lestari,(국장 직무대행), Radia Zulfikar,(제 3지역 담당 하위국장) Asmelita(제 1지역 담당 하위국장), Pri Dodhy Agbar(제 2지역 담당 하위국 팀장), Bobi A. R. Amalia(댐・호소 기술계획 담당 하위국 팀장), Idham Riyando M(제4지역 담당 하위국 팀장)(공공사업부 댐호소국 측), Muh. Firdaus(폼펜강-제네베랑 대유역하천관리청 관계자, 빌리빌리 댐 측) 외 11명

□ 주요 논의내용

ㅇ 인도네시아 공공사업부는 자국 내 댐의 노후화와 퇴적물 증가 등으로 댐 안전관리의 중요성이 높아지고 있는 현재, 한국과의 협력을 통한 댐 안전관리시스템 구축에 높은 기대를 표명함.

- 인도네시아 내 상당수 댐이 건설된 지 20년 이상 경과하여 시설 노후화가 진행되고 있으며, 태풍 등 자연재해와 토사 퇴적에 따른 안전관리 문제가 발생
- 이러한 문제에 대응하기 위해 한국의 기술과 경험을 활용한 안전관리시스템 구축 및 관련 교육이 도움이 될 것으로 기대함.
- 인도네시아 측은 사업이 원활하게 추진되어 실질적인 성과를 거둘 수 있기를 희망

ㅇ 인도네시아 측은 댐 안전관리 담당자의 업무와 전문성 수준에 차이가 있으므로, 기초선조사 시 조사 대상자의 직무 특성을 고려하여 설문을 구성할 필요가 있다는 의견을 제시

- 인도네시아의 댐 안전관리 인력은 크게 중앙정부의 관리・행정 담당자와 댐 현장의 운영 담당자로 구분되며, 두 집단의 업무와 요구되는 전문지식에 차이가 있음.
- 설문 일부 문항은 현장 운영 및 기술 업무에 관한 전문적인 내용으로 구성

되어 있어 중앙정부의 관리 담당자가 정확하게 이해하고 응답하기 어려울 수 있음.

- 이에 중앙정부 담당자와 현장 운영 담당자의 업무 특성을 반영하여 조사 문항을 구분하고, 각 집단의 역할에 적합한 역량을 평가할 필요가 있다고 제안
- 우리 측은 이번 현지조사 이후 사업 대상 10개 댐의 현장 운영 담당자를 대상으로 온라인 설문조사를 추가 실시할 계획임을 설명

○ 댐 현장에서는 계측자료의 수집과 분석을 담당하는 직원의 업무가 구분되어 있으며, 인도네시아 측은 이러한 직무 차이도 역량평가에 반영할 것을 요청함.

- 댐 현장 인력은 계측장비 등을 활용하여 자료를 수집하는 담당자(Data Collection)와 수집된 자료를 분석하는 담당자(Data Analysis)로 구분되어 있음.
- 두 직무는 실제 수행하는 업무와 필요한 기술적 역량이 다르므로, 동일한 설문을 적용하기보다 자료 수집과 분석 업무의 특성을 각각 반영하여 조사할 필요가 있다고 제안함.
- 현장에서 수집된 계측자료는 중앙정부로 보고되며, 중앙정부에도 댐 관련 자료를 수집하고 분석하는 별도의 조직을 운영 중
- 중앙정부 내 댐 건설 및 기획을 담당하는 부서(댐호소국)와 댐 운영·관리 담당부서(O&M)가 별도로 존재한다고 설명하였으며, 향후 중앙정부의 자료 수집·분석 시스템과 관련 조직의 운영 현황을 공유 예정

	
회의 사진	댐호소국 단체사진

2) 댐호소국(Directorate of Dams and Lakes) 실무자 면담

□ 일시: 2026. 10. 13.(화) 13:00~15:00

□ 장소: 인도네시아 공공사업부 수자원청 내 회의실

□ 참석자

○내부: 김동휘 연구원, 정진솔 연구원

○외부: Radia Zulfikar(제3지역 담당 하위국장) Asmelita(제1지역 담당 하위국장), Pri Dodhy Agbar(제2지역 담당 하위국장), Bobi A. R. Amalia(댐호소국 기술계획 담당 하위국장), Idham Riyando M(제4지역 담당 하위국장)

□ 주요 논의내용

ㅇ 인도네시아는 관련 규정에 따라 5년 주기로 댐 안전진단을 실시하고 있으며, 외부 전문가를 활용하여 댐 시설과 계측장비의 상태 및 운영 안전성을 종합적으로 점검하고 있음.

- 댐 안전진단은 정기적인 운영 상태 점검과 유지관리 상태 점검으로 구분되며, 2015년 제정된 댐 관련 공공사업부 규정에 따라 5년마다 안전진단을 실시하도록 의무화되어 있음.
- 안전진단 시 외부 전문가를 고용하여 댐 외관에 대한 육안점검과 내부 계측장비를 활용한 점검을 실시하고, 이를 바탕으로 댐의 구조적 안전성과 운영 가능 여부를 판단함.
- 주요 점검 항목에는 댐 본체와 수문 등 주요 시설의 상태, 수리·수문학적 조건, 토사 퇴적률, 수질 및 수위 등이 포함됨.
- 또한 5년 주기로 댐 운영 매뉴얼을 점검하고 비상행동계획(Emergency Action Plan, EAP)을 검토·수립하고 있음.

ㅇ 댐 안전진단 결과는 관계기관의 검토를 거쳐 댐 운영 여부를 결정하는 데 활용되며, 안전성 평가 결과는 총 4개 등급으로 구분됨.

- 댐 안전진단 결과는 댐안전위원회(Dam Safety Commission)에 보고되며, 이후 댐 기술 담당부서에서 댐의 최종 운영 가능 여부를 승인
- 안전성 평가 결과는 ‘좋음(Good)’, ‘충분(Sufficient)’, ‘부족(Insufficient)’, ‘부적절(Inadequate)’의 4개 등급으로 구분됨.
- ‘부족’ 등급으로 판정된 댐은 추가적인 검토를 통해 운영 가능 여부를 판단하며, ‘부적절’ 등급으로 판정된 댐은 저수위를 낮추는 등의 조치를 취

하여 운영

- 비상행동계획(EAP)은 중앙정부에서 수립하며, 관련 내용을 지역 주민에게 전달하여 홍수 취약지역 등의 정보를 안내

○ 인도네시아에서 관리하는 약 240개 댐 중 약 60개 댐은 아직 정기 안전진단이 완료되지 않았으며, 전체 댐의 안전성 평가 결과를 체계적으로 정리하고 관리하는 데 한계가 있는 것으로 나타남.

- 안전진단이 이루어진 댐은 대부분 '좋음' 또는 '충분' 등급에 해당하여 상대적으로 안전성이 낮은 댐은 많지 않음.
- 다만 전체 댐에 대한 안전진단 결과와 등급별 현황이 충분히 체계화되어 있지 않으며, 댐의 안전성을 구분하는 평가 기준에도 개선이 필요함.
- 인도네시아 측은 이번 사업을 통해 댐의 안전성을 보다 명확하게 판단할 수 있는 기준을 마련하고, 전체 댐의 안전관리 정보를 체계적으로 관리할 수 있기를 희망

○ 인도네시아 측은 댐 안전관리의 주요 현안으로 토사 퇴적에 따른 저수용량 감소, 시설 노후화, 예산 부족 및 저수지 주변의 부적절한 토지·수면 이용 등을 제시함.

- 가장 큰 문제는 댐과 저수지 내 토사 퇴적으로, 저수지에 퇴적물이 지속적으로 축적되면서 실제 저수용량이 감소 중
- 저수지 수면에 부유 쓰레기가 다량 발생하는 것도 주요 문제이며, 현재 지역 댐 관리기관에서 약 6개월마다 수면 쓰레기를 수거하고 연 1회 퇴적물 제거 작업을 수행 중
- 또한 상당수 댐의 노후화로 시설 보수와 장비 수리가 필요하지만, 관련 예산이 부족하여 적절한 유지관리에 어려움이 있음.
- 댐 관리구역 내에서 주민들이 농업활동을 수행하거나 저수지를 활용한 양식업을 운영하는 사례가 있으며, 이로 인해 저수지 수질이 악화되는 문제도 발생
- 이외에도 장기간 강우가 발생하지 않는 가뭄이 주요 위험요인으로 제시되었으며, 약 6개월간 비가 오지 않는 상황 등에 대응하기 위한 댐 운영 및 수자원 관리 역량이 필요

○ 인도네시아 측은 이번 사업을 통해 중앙 댐 안전관리시스템과 지역별 댐 관리시스템을 연계하고, 주요 계측자료를 실시간으로 수집·관리할 수 있는 체계

를 구축하기를 희망함.

- 현재는 각 지역의 댐 관리기관에서 계측자료를 수집하고 분석하며, 중앙정부가 댐의 주요 안전관리 자료를 실시간으로 직접 확인하기 어려운 상황이라고 설명함.
- 이번 사업을 통해 구축할 중앙 댐 안전관리기관과 지역별 댐 안전관리 조직을 연계하여, 궁극적으로 약 240개 댐의 안전관리 정보를 중앙에서 통합적으로 관리할 수 있기를 기대함.
- 특히 댐의 구조적 변형, 누수량, 간극수압(Pore Water Pressure) 등 주요 안전관리 자료를 실시간으로 수집하고, 계측값이 안전 기준을 초과할 경우 중앙에서 즉시 확인할 수 있는 시스템을 희망함.
- 현재는 이러한 계측자료를 중앙정부에서 직접 확인하기 어려워 현장 관리기관이 자체적으로 이상 여부를 판단하고 대응하는 경우가 많음.
- 중앙 통합시스템이 구축되면 중앙정부가 계측자료를 바탕으로 위험 상황을 판단하고, 필요시 저수위 조정 등 구체적인 대응 지침을 지역 관리기관에 전달할 수 있을 것으로 기대함.
- 특히 지진 등 자연재해 발생 시 계측자료를 활용하여 위험성을 판단하고 신속하게 대응할 수 있는 체계가 마련되기를 희망하며, 이를 위해 노후 계측장비의 교체도 필요하다고 언급함.

o 인도네시아 측은 중앙정부의 통합적인 안전관리 기능이 강화되면 지역별 댐 운영의 일관성을 높이고, 자연재해 발생 시 보다 효과적인 대응이 가능할 것으로 기대함.

- 현재 댐 현장에서는 계측자료에 대한 분석과 이상 상황에 대한 대응을 자체적으로 수행하고 있으며, 자연재해 대응을 위한 별도의 절차와 지침도 마련되어 있음.
- 다만 지역별 담당자의 판단에 의존하는 방식에서는 댐의 안전 상태에 대한 일관된 판단과 대응에 한계가 있을 수 있으므로, 중앙정부에서 계측자료를 통합적으로 분석하고 적절한 대응 지침을 제공하는 체계가 필요
- 중앙정부가 댐의 구조적 변형이나 누수 등 이상징후를 직접 확인하고, 수위 조정 등 필요한 조치를 신속하게 지시할 수 있다면 지역별 댐 관리기관이 보다 일관되고 정확하게 대응할 수 있을 것으로 기대함.
- 아울러 댐별 CCTV를 설치하여 저수지 수면의 쓰레기 발생 현황 등을 확인하고, 필요한 청소와 관리 조치를 적시에 수행할 수 있기를 희망함.

○ 인도네시아 측은 댐 안전관리 역량강화를 위해 중앙정부 담당자에 대한 교육을 우선 실시하고, 이후 현장 담당자에게 관련 지식과 기술을 확산하는 방식이 효과적일 것이라는 의견을 제시

- 중앙정부 담당자가 댐 안전관리시스템의 개념과 운영 방법을 충분히 이해하면, 이를 지역별 댐 관리기관과 현장 운영 담당자에게 전달할 수 있을 것으로 기대함.
- 중앙정부 내에서도 근무경력이 짧은 공무원이 많고 부서 간 인사이동이 빈번하여, 댐 안전관리 업무에 새롭게 배치되는 직원들을 대상으로 한 교육이 필요함.
- 특히 최근 10년간 60개 이상의 댐이 신규 건설되면서 새롭게 배치된 현장 관리 담당자가 증가하였으나, 이들의 근무경력이 짧고 관련 교육도 충분하지 않은 상황
- 현재 중앙정부에서는 지역별 댐 관리기관 담당자를 대상으로 온라인 교육을 주로 실시하고 있으며, 일부 현장점검과 대면교육도 병행
- 연간 약 6개의 자체 교육 프로그램을 운영하고 있으나, 올해는 관련 여건으로 인해 2회만 실시

○ 인도네시아 측은 기존 교육보다 계측장비의 실제 운용, 계측자료 분석 및 안전관리 업무 적용 방법을 중심으로 한 실무교육이 필요하다고 강조함.

- 댐 안전관리 관련 교육에서는 수문학적 분석(Hydrological Analysis), 계측장비의 운영 방법, 계측자료의 분석 및 활용 방법 등을 주요 교육 수요로 제시함.
- 특히 계측장비의 사용설명서만으로는 실제 장비를 운용하고 자료를 분석하는 데 어려움이 있으므로, 장비를 직접 조작하고 계측자료를 확인하는 실습 중심의 교육이 필요
- 장비에서 수집된 자료를 분석하고 실제 댐의 안전 상태를 판단하는 방법뿐만 아니라, 관련 분석 프로그램과 기법을 활용하는 교육도 필요
- 중앙정부의 댐 안전관리 담당부서는 전체 댐의 안전성 관리에 중점을 두는 반면, 현장 모니터링 담당자는 개별 댐의 계측과 운영에 집중하므로 각 담당자의 업무 특성을 반영한 교육이 필요

○ 인도네시아 측은 사업의 주요 기대성과로 댐 안전성 판단 기준의 개선, 계측장비 활용 및 시스템 연계 역량 강화, 이상징후 판별 능력 향상, 안전관리 자료의 체계적인 관리 등을 제시=

- 첫째, 현재는 댐이 안전한 상태인지 판단하는 명확한 기준이 부족하므로, 사업을 통해 댐의 안전성을 판단할 수 있는 기준과 체계를 개선하기를 희망함. 또한 이러한 기준의 마련과 적용 여부를 사업의 성과로 제시할 수 있음.
- 둘째, 현장 담당자들이 계측장비를 얼마나 적절하게 활용할 수 있는지, 그리고 계측장비를 다른 관리시스템과 얼마나 효과적으로 연계할 수 있는지를 사업 성과로 확인할 필요가 있음.
- 셋째, 현재는 계측자료나 시설 상태를 바탕으로 정상적인 상황과 비정상적인 상황을 구분하는 기준과 관련 지식이 부족하므로, 이상징후를 판별하고 비상상황에 대응하는 역량을 강화하기를 희망함.
- 넷째, 실시간으로 수집되는 자료를 체계적으로 관리하고 분석·활용하는 역량을 강화할 필요가 있음. 특히 과거의 안전점검 보고서 등 기존 자료를 디지털화하여 댐별 이력자료(Historical Data)를 축적하는 방안을 제시함. 과거 자료의 디지털화 및 기록·관리 수준을 사업의 성과를 확인하는 지표로 활용할 수 있음.

	
회의 사진	수자원청 중앙안전통제실

3) 빌리빌리(Bili-Bili) 댐 운영관리조직(UPB) 면담 및 댐 현장 조사

□ 일시: 2026. 10. 14.(수) 13:00~17:00

□ 장소: 빌리빌리댐 운영관리조직(UPB) 사무소 내 회의실

□ 참석자

○내부: 김동휘 연구원, 정진솔 연구원

○외부: Heriantono Waluyadi(폼펭간-제네베랑 유역관리청장), Yusma Elfita(운영 및 유지관리부장), Irwansyah Renreng(수자원 운영 및 유지관리 업무단장), Ir. Muhammad Firdaus(운영 및 유지관리부 팀장), Ir. Fajar Arif Nurdin(수자원 운영 및 유지관리 사업집행책임관) 외 5명

□ 주요 논의내용

ㅇ 빌리빌리댐 운영관리조직(UPB) 관계자의 발표와 면담을 통해 댐의 주요 현황, 운영・유지관리 체계, 안전점검 및 계측자료 관리 현황, 주요 애로사항과 사업에 대한 기대 성과 등을 논의함. 현지 관계자가 인도네시아어로 발표한 자료는 한국어로 번역・요약하여 5장 ‘현지 수집자료’에 별도로 정리함.

ㅇ 빌리빌리댐은 생활용수, 농업용수 및 발전용수 공급 등을 목적으로 운영되는 다목적댐으로, 생활용수와 농업용수 공급을 우선하고 잔여 수량을 발전에 활용하고 있음.

- 댐 운영 시 용수 공급의 우선순위는 ① 생활용수, ② 농업용수, ③ 수력발전 순이며, 생활용수 우선 공급은 관련 정책에 따라 정해져 있음.
- 빌리빌리댐의 관개면적은 약 24,000ha이며, 현재 저수위가 낮은 상황에서도 생활용수와 농업용수 공급에는 큰 문제가 없음.
- 다만 용수 공급을 우선하면서 현재 수력발전시설은 거의 가동하지 않음.

ㅇ 빌리빌리댐은 과거 대규모 산사태로 인한 토사 유입과 퇴적물 축적으로 저수용량이 감소하였으며, 저수지 내 퇴적물 관리가 주요 현안

- 빌리빌리댐의 당초 저수용량은 약 3억 7,500만㎥였으나, 2004년 발생한 대규모 산사태로 토사와 퇴적물이 유입되면서 저수용량이 약 3억㎥ 수준으로 감소함.
- 이후 2010년까지 퇴적물이 점진적으로 증가하였으며, 2010년 이후에는 퇴적물 축적 정도가 상대적으로 크지 않았음.

- 현재 저수용량은 약 2억 4,000만㎥까지 감소한 것으로 파악되며, 지속적인 토사 퇴적에 따른 저수용량 감소가 주요 관리 현안임.

ㅇ 빌리빌리댐의 현장 운영관리조직(UPB)은 댐의 운영·유지관리, 계측장비를 활용한 시설 점검 및 댐 안전관리 업무를 수행하고 있음.
- UPB의 주요 업무는 ① 댐 운영 및 유지관리, ② 계측장비를 활용한 댐 상태 점검, ③ 댐 안전관리로 구분됨.
- 댐 안전관리 업무는 댐 본체와 주요 시설에 대한 육안점검, 계측장비를 이용한 안전 상태 확인 및 관련 계측자료 관리 등을 포함함.
- 주요 계측 항목으로는 누수량, 간극수압, 지하수위 등이 있으며, V-notch, 간극수압계(Piezometer) 등의 장비를 활용하여 관련 자료를 수집하고 있음.

ㅇ 빌리빌리댐 관계자는 현재 댐의 전반적인 안전 상태가 양호한 수준이라고 평가하였으며, 계측자료를 활용하여 주요 시설의 이상 여부를 확인하고 있음.
- 댐의 주요 안전관리 항목 중 하나인 누수량에 대해 좌측댐, 우측댐 및 본댐(Main Dam)의 계측자료를 구분하여 관리하고 있음.
- 계측자료를 확인한 결과, 좌측댐에서 상대적으로 많은 누수가 발생하고 있으나 현재 누수량은 안전한 범위 내에 있는 것으로 판단
- 강우량과 수위 변화에 따른 누수량 등을 함께 확인하고 있으며, 현재까지 댐의 구조적 안전성에 심각한 문제가 있는 것으로 판단하지는 않음.
- 중앙정부에 안전관리 자료를 보고하는 데 필요한 주요 계측장비는 정상적으로 작동 중

ㅇ 빌리빌리댐은 주요 계측자료와 안전점검 결과 등을 기록·보관하고 있으나, 계측자료의 수집과 입력은 대부분 수동으로 이루어지고 있음.
- 댐 수위, 방류량 및 주요 계측장비의 측정값은 현장 담당자가 직접 확인하고 기록하는 방식으로 수집하고 있음.
- 수집된 계측자료는 담당자가 컴퓨터에 수동으로 입력하여 관리하고 있으며, 중앙정부에 관련 자료를 보고하는 데는 큰 문제가 없음.
- 계측자료와 안전점검 결과는 체계적으로 기록·보관하고 있으며, 안전점검 시 확인된 문제와 이에 대한 조치 결과도 별도의 보고서로 관리
- 댐 운영 관련 기술자료와 보수 이력 등도 보관하고 있으며, 현장 면담 과정

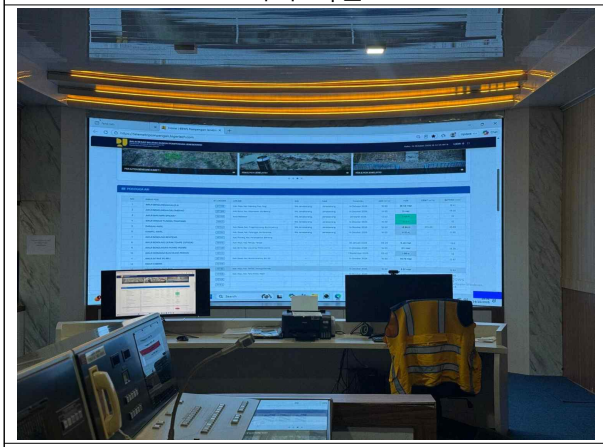
에서 주요 계측자료와 안전점검 기록을 관리

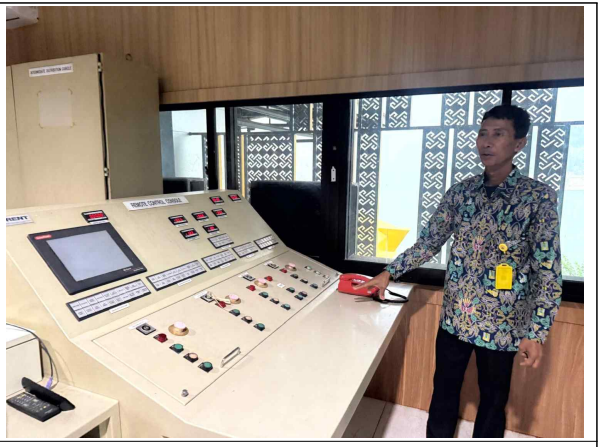
○ 빌리빌리댐은 비상행동계획(EAP)을 수립하여 운영하고 있으며, 과거 대규모 홍수 발생 경험을 바탕으로 홍수 대응 및 방류 관련 절차를 마련하고 있음.
- 빌리빌리댐은 비상행동계획(EAP)을 보유하고 있으며, 가장 최근에는 2019년에 관련 계획을 수립
- 비상행동계획은 정기적인 댐 안전진단과 연계하여 수립·검토하고 있으며, 2019년 계획 수립 당시 지역 주민에게 관련 내용을 안내하고 훈련을 실시
- 2019년에는 집중호우로 대규모 홍수가 발생하였으며, 당시 강우량 증가에 따른 대규모 유입으로 모든 수문을 개방하는 방식으로 홍수위기 상황에 대응함.
- 댐에서는 홍수 발생 시 방류를 위한 별도의 운영 매뉴얼을 보유하고 있으며, 관련 내용이 비상행동계획에도 반영

○ 댐 운영·유지관리의 주요 개선 필요사항으로 수문 제어시설의 자동화와 원격제어 기능개선 필요
- 현재 수문 자동제어 기능이 정상적으로 작동하지 않아 통제실에서 원격으로 수문을 개폐할 수 없는 상황
- 이에 따라 집중호우나 악천후 등 기상 상황이 좋지 않은 경우에도 운영 담당자가 수문이 설치된 현장까지 직접 이동하여 수문을 개폐해야 하는 문제 발생
- 특히 3개 수문을 통제실에서 자동으로 제어할 수 있는 기능이 정상적으로 작동하지 않아, 수문 운영의 효율성과 긴급상황 대응 측면에서 개선이 필요
- 이번 사업을 통해 수문 원격제어 콘솔 등 관련 설비를 개선하여 통제실에서 수문을 안전하고 신속하게 개폐할 수 있는 환경이 마련되기를 희망함.
- 이외에도 저수지 수면의 부유 쓰레기 관리와 관련한 문제를 언급

○ 빌리빌리댐 관계자는 이번 사업을 통해 계측장비 운용 및 자료 분석 역량을 강화하고, 수집된 자료를 실제 안전관리 업무에 활용할 수 있는 실무 중심의 교육이 필요하다고 강조함.
- 가장 필요한 교육 분야로 ① 계측장비의 사용 및 측정 방법, ② 계측장비의 유지관리, ③ 계측자료 분석 방법, ④ 분석 결과의 실제 댐 안전관리 업무 적용 등을 제시함.

- 특히 현장에서 계측업무를 수행하는 관측 담당부서 직원들에 대한 교육이 가장 시급
- 현재 계측자료를 직접 수집하고 수동으로 입력하는 방식으로 업무를 수행하고 있으므로, 수집된 자료를 보다 효과적으로 분석하고 활용하는 역량을 강화할 필요가 있음.
- 향후 교육에서는 장비의 단순한 사용법뿐만 아니라 계측자료를 해석하고 댐의 안전상태를 판단하는 데 활용할 수 있는 실질적인 기술과 지식을 습득하기를 희망함.

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>회의 사진</td><td>단체 사진</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>빌리빌리댐 현장 조사(1)</td><td>빌리빌리댐 현장 조사(2)</td></tr>
</table>

	
빌리빌리댐 현장 조사(3)	빌리빌리댐 현장 조사(4)

4) 카리안(Karian) 댐 운영관리조직(UPB) 면담 및 댐 현장 조사

□ 일시: 2026. 10. 15.(목) 10:00~14:00

□ 장소: 카리안댐 운영관리조직(UPB) 사무소 내 회의실

□ 참석자

○내부: 김동휘 연구원, 정진솔 연구원, 박정현 교수

○외부: Okta aman 댐관리국, Rabbani Isya 댐 관리국 arliansyah UPB 직속 상관 보조 담당자, Vita Ariesta 댐관리 부서 팀장 Dedi yudha usb 직속 상관, Agus Saeful Bahri 유지관리부장, Fajar Nur Huda 운영부장, Dede Komarudin 직원 코디네이터 외 4명

□ 주요 논의내용

ㅇ 카리안댐은 원수 공급과 홍수 조절 등을 주요 목적으로 건설된 다목적댐으로, 현재 원수 공급을 위한 주요 시설이 완공되지 않아 관련 기능이 본격적으로 운영되지 않고 있음.

- 카리안댐의 주요 목적은 원수(Raw Water) 공급이며, 이외에도 홍수 조절과 농업용수 공급 등의 기능을 수행
- 현재 원수 공급을 위한 취수시설과 송수관로 등 일부 시설이 완공되지 않아 상수 공급 기능은 본격적으로 운영되지 않고 있으나 수질 검사는 실시 중
- 인근 지역에 다른 용수 공급원이 있어 현재 카리안댐의 원수 공급 기능이 가동되지 않더라도 당장의 용수 공급에는 큰 문제가 없음.
- 농업용수 공급의 경우에도 인근에 다른 수원이 존재하여 카리안댐이 주요

공급원으로 활용되고 있지는 않으며, 현재는 홍수 조절을 위한 수위 관리 등의 업무를 수행 중

ㅇ 카리안댐의 현장 운영관리조직(UPB)에는 경비인력을 포함하여 약 30명이 근무하고 있으며, 이 중 약 8~9명이 댐 안전관리와 관련된 업무를 담당하고 있음.
- 댐 안전관리 관련 직원 중 약 5명은 현장에서 계측자료를 수집하는 업무를 담당하고 있으며, 약 3명은 수집된 자료를 분석하는 업무를 수행 중
- 현장 계측 담당자는 고등학교 졸업 이상의 학력을 갖추면 근무할 수 있으며, 별도의 전문 자격증이 필수적으로 요구되지는 않음.
- 반면 계측자료 분석 담당자는 일반적으로 학사 수준의 학력을 갖추고 있으며, 관련 직원들은 주로 토목공학, 환경공학 등 관련 분야를 전공

ㅇ 카리안댐은 정기적인 계측자료 확인과 시설 점검을 통해 댐의 안전 상태를 관리하고 있으며, 이상 징후 발견 시 내부 보고체계에 따라 관련 내용을 보고하고 있음.
- 현장 담당자는 계측장비를 활용하여 댐의 주요 안전관리 자료를 수집하고, 수집된 자료를 분석하여 이상징후 발생 여부를 확인
- 계측자료 분석 과정에서 비정상적인 측정값이나 시설의 이상징후가 확인되면 안전관리 담당자에게 보고하도록 되어 있으며, 관련 보고체계가 마련되어 있음.
- 육안점검 시에는 댐 본체와 주요 시설의 손상 여부, 침투수 발생 여부, 누수흔적의 변화 등을 중점적으로 확인
- 특히 V-notch를 통해 측정한 누수량이 기준값과 큰 차이를 보이는 경우나, 기존에 이상이 없던 시설에서 일정 기간이 지난 후 새로운 누수 흔적이 발생하는 경우 등을 주요 이상징후로 인식하고 있음.

ㅇ 카리안댐은 공공사업부의 운영관리 기준에 따라 매월 운영·유지관리 보고서를 작성하고 있으며, 시설의 운영 상태와 안전관리 관련 문제를 정기적으로 보고하고 있음.
- 댐 운영관리조직에서는 매월 1회 운영·유지관리 보고서를 작성하여 제출하도록 되어 있으며, 이는 카리안댐뿐 아니라 인도네시아 내 다른 댐에도 적용되는 공공사업부의 기준
- 월례보고서에는 댐 운영계획과 운영 현황, 주요 시설의 기능 및 작동 상태, 장비와 시설의 고장 여부 등이 포함

- 또한 댐 본체와 주변 시설의 구조적 변형, 누수 등 안전관리와 관련된 이상 징후가 발견되면 해당 내용을 보고서에 기록하여 보고
- 현장 담당자는 계측자료를 지속적으로 수집·분석하고 있으며, 분석 결과와 시설 점검 내용을 바탕으로 댐의 운영 및 안전관리 상태를 확인

○ 카리안댐은 직원들의 업무 역량강화를 위해 공공사업부에서 제공하는 교육에 참여하고 있으나, 예산 부족으로 교육 기회가 제한되고 있으며 체계적인 자체 교육 프로그램도 부족한 상황임.
- UPB 조직이 처음 설립되었을 당시 관련 직원들을 대상으로 초기 교육을 실시하였으며, 이후에는 공공사업부 운영·유지관리(O&M) 담당부서에서 제공하는 교육에 참여
- 공공사업부에서는 2025년까지 매년 관련 교육을 실시하였으나, 2026년에는 예산 부족으로 교육이 진행되지 않았음.
- 교육은 주로 자카르타에서 실시되며, 현장 직원 중 일부가 교육에 참여한 후 교육 내용을 다른 직원들에게 전달하는 방식으로 관련 지식을 공유
- 직원 교육에 관한 가이드라인은 마련되어 있으나, 정기적인 교육 이수가 법적으로 의무화되어 있지는 않으며, 실제 교육 참여 여부는 예산 등 관련 여건에 따라 결정
- 신규 직원이 배치되는 경우 별도의 체계적인 자체 교육과정보다는 선임 직원이 후임 직원에게 현장에서 업무를 가르치는 방식으로 관련 지식과 기술을 전수

○ 카리안댐 관계자는 안전관리 업무 수행 과정에서 인터넷을 통한 자료 확보의 어려움과 일부 계측장비의 고장 등이 주요 애로사항이라고 제시함.
- 댐의 안전관리 및 계측자료 분석을 위해서는 강우량 등 외부 자료를 확보해야 하지만, 관련 자료를 인터넷을 통해 수집하는 과정에서 인터넷 연결이 원활하지 않으면 필요한 자료를 확보하기 어려움.
- 또한 일부 계측장비의 고장으로 정상적인 자료 수집과 분석에 어려움이 있으며, 간극수압계(Piezometer) 등 주요 계측장비의 수리와 유지관리가 필요한 상황
- 현장 담당자들은 장비가 고장 나거나 시설에 문제가 발생하면 이를 상급기관에 보고하고 있으나, 현장에서 직접 장비를 수리하거나 문제를 해결할 수 있는 기술적 역량은 부족

- 이에 따라 장비 운용뿐만 아니라 고장 원인 파악과 기본적인 수리·유지관리 기술에 관한 교육이 필요

○ 카리안댐에서는 일부 시설에서 침투수가 발생하는 문제가 확인되었으며, 현장 관계자는 해당 문제의 원인 분석과 적절한 대응 방안을 마련하는 데 어려움이 있다고 설명함.
- 현장 관계자는 댐 상류 측 방사형 수문(Radial Gate) 부근에서 침투수가 발생하는 사례를 설명하였으며, 현재까지 정확한 발생 원인을 파악하지 못하고 있음.
- 댐의 침투수 발생 여부와 누수량 변화 등은 주요 안전점검 항목이지만, 이상 징후가 확인되더라도 현장 직원들이 문제의 원인을 직접 분석하고 해결 방안을 마련하기에는 전문적인 지식과 경험이 부족
- 특히 침투수 발생 원인이 댐 구조물이나 주변 지반의 문제와 관련되어 있는지 등을 판단하기 어려우며, 관련 조사와 분석 방법에 대한 기술적 지원이 필요
- 이에 침투수 발생 원인을 파악하는 방법, 관련 계측자료를 분석하는 방법, 침투수로 인한 시설 손상을 예방하고 문제 발생 시 적절하게 대응하는 방법 등에 관한 교육을 희망

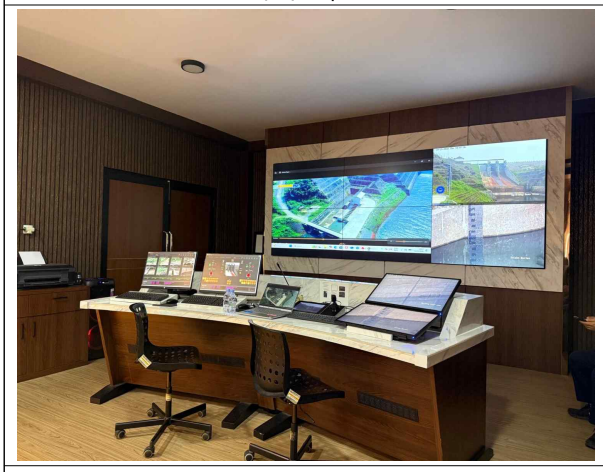
○ 카리안댐은 저수지 주변의 부유 쓰레기와 산사태 위험 등도 운영관리상의 문제로 인식하고 있으며, 이를 효과적으로 점검하고 관리하기 위한 기술과 장비가 필요
- 저수지 주변에서 발생한 산사태 등으로 대나무를 비롯한 각종 부유 쓰레기가 유입된 사례가 있으며, 관련 장비가 부족하여 이를 처리하는 데 어려움이 있었음.
- 저수지 주변 지역의 지형과 시설 상태를 정기적으로 점검하고, 산사태 등 자연재해로 인한 위험요인을 사전에 발견하는 것이 중요
- 특히 한국에서는 저수지 주변 지역을 어떠한 방식으로 순찰하고 관리하는지에 관심을 표명하였으며, 산사태 예방과 위험지역 점검 방법에 관한 교육을 희망함.

○ 카리안댐 관계자는 이번 사업을 통해 계측자료의 수집·관리체계를 개선하고, 수집된 자료를 활용하여 댐의 안전상태를 분석하고 문제를 예방할 수 있는 역량이 강화되기를 희망함.

- 현재 현장에서는 계측자료의 수집과 기록을 중심으로 안전관리 업무를 수행하고 있으나, 수집된 자료를 심층적으로 분석하거나 문제 발생을 사전에 예측하는 데에는 한계가 있음.
- 이번 사업을 통해 계측자료 수집체계를 강화하고, 자료 분석 방법과 분석 결과를 실제 안전관리 업무에 적용하는 방법을 배우기를 희망함.
- 특히 침투수 등 시설의 이상징후가 발견되었을 때 단순히 현상을 기록하고 보고하는 데 그치지 않고, 문제의 원인을 분석하고 적절한 예방 및 대응 조치를 마련할 수 있는 역량을 갖추기를 희망함.
- 현장 관계자는 이러한 역량을 강화하기 위해 이론교육뿐 아니라 실제 현장에서 발생한 문제를 사례로 활용한 실무 중심의 교육이 필요하다고 강조함.

○ 카리안댐 관계자는 사업의 주요 기대 성과로 현장 인력의 시설 유지보수 및 사고 예방 역량 강화, 수질 분석 능력 향상, 저수지 주변 위험요인 점검 역량 확보 등을 제시

- 첫째, 현재는 장비나 시설에 고장이 발생하면 주로 상급기관에 보고하는 방식으로 대응하고 있으나, 향후에는 현장 직원들이 기본적인 고장 원인을 파악하고 직접 수리할 수 있는 역량을 갖추기를 희망함.
- 특히 현장 계측 담당자 중 고등학교 졸업 학력의 직원이 많아 현재는 비교적 단순한 업무를 수행하는 경우가 많으므로, 교육을 통해 시설 고장 예방과 기본적인 유지보수 업무까지 수행할 수 있는 기술적 역량을 확보하기를 기대
- 둘째, 수질 검사와 관련한 전문 장비와 분석 역량이 부족한 상황이므로, 수질 분석 방법에 관한 지식과 기술을 습득하고 관련 업무를 수행할 수 있는 역량이 강화되기를 희망함.
- 셋째, 저수지 주변 지역에 대한 정기적인 순찰 및 점검 방법, 산사태 등 위험요인의 사전 발견 및 예방 방법 등에 대한 한국의 경험과 기술을 공유받기를 희망
- 궁극적으로 현장 직원들이 단순한 자료 수집과 이상징후 보고를 넘어, 댐 시설의 위험요인을 사전에 발견하고 문제 발생 시 원인을 분석하여 적절한 조치를 취할 수 있는 역량을 확보하는 것이 중요하다고 강조

	
회의 사진	단체 사진
	
카리안댐 현장 조사(1)	카리안댐 현장 조사(2)
	
카리안댐 현장 조사(3)	카리안댐 현장 조사(4)

5) 공공사업부 수자원청 공무원 기초선조사 (정량/정성)

□ 일시: 2026. 10. 16.(금) 10:00~16:00

□ 장소: 인도네시아 공공사업부 수자원청 내 회의실

□ 참석자

○내부: 김동휘 연구원, 정진솔 연구원, 박정현 교수

○외부 (설문 대상)

구분	성명	소속	직책	구분	성명	소속	직책
응답자 1	Nur Lely H Zendrato	댐호소국	담당관	응답자 6	Bobi A. R. Amalia	댐호소국	팀장
응답자 2	Catur Ayu W.	댐호소국	담당관	응답자 7	Anissa Mayangsari	댐호소국	팀장
응답자 3	Hans Ivan	댐호소국	담당관	응답자 8	Pri Dodhy Agbar	댐호소국	팀장
응답자 4	Azis Surya Ananda	댐호소국	담당관	응답자 9	Adi Pramono Wanto	댐호소국	담당관
응답자 5	Gemma Galgani T. D.	댐호소국	담당관	응답자 10	Gumilar Ramadhan	댐호소국	담당관

□ 조사 개요

ㅇ (정량조사) 인도네시아 공공사업부 수자원청 내 댐 안전관리 담당 공무원을 대상으로 댐 안전관리 관련 지식(Knowledge)과 기술(Skill), 태도(Attitude) 수준을 파악하기 위한 구조화(K-S-A)된 설문조사를 실시함.

- 설문은 댐 안전관리에 관한 지식, 안전관리 인식 및 업무 수행 역량 등을 중심으로 구성하였으며, 향후 사업을 통한 역량강화 효과를 측정하기 위한 기초선 자료로 활용할 예정임.

ㅇ (정성조사) 정량조사 응답 공무원 10인을 대상으로 개별 심층 인터뷰를 실시하여, 정량조사만으로 파악하기 어려운 안전관리 인식, 문제 대응 방식, 조직 내 역할에 대한 이해 및 교육 수요 등을 파악함.

- 안전관리의 중요성에 대한 인식, 이상징후 발견 시 대응 및 문제해결 방식, 보고체계와 조직 내 역할에 대한 이해, 교육 참여 의지 등을 질문하였으며, 응답자의 사고 과정과 문제 접근 방식, 학습 가능성을 중심으로 역량을 평가하고, 향후 역량강화 교육의 대상과 내용을 구체화하기 위한 기초자료를 확보함.

	
정량 조사 (설문조사)	정성 조사 (개별 인터뷰)

□ 응답자별 심층 인터뷰 결과

응답자5: Gemma Galgani T. D.(댐호소국, 담당관)
Q3. (문제 접근 방식 및 논리적 사고) 시설 관리 중 문제가 발생하면 원인을 어떻게 파악하려 합니까?
▪ 댐 기술센터(Balai Teknik Bendungan)에서는 댐 본체, 여수로(Spillway), 취수탑(Intake Tower), 소수력발전시설 등 주요 시설을 대상으로 안전점검을 실시함. 수문의 정상 작동 여부와 시설물의 손상 및 이상 발생 여부 등을 종합적으로 확인함. ▪ 댐에서 누수 및 침투수(Seepage)가 발생할 경우, 누수 발생 여부뿐만 아니라 토사 등 유출 물질이 포함되어 있는지를 확인함. 특히 누수에 토사가 동반되는 현상을 댐의 구조적 안전성과 관련된 중요한 이상 징후로 파악함. ▪ 누수에 토사가 포함되어 있는 경우 댐 기술센터에서 안정성 분석을 실시하고, 유출 물질의 양과 발생 원인을 조사함. 이를 통해 문제의 특성과 원인을 파악하고 댐의 안전성을 확인함.
Q4. (문제 해결 접근 방식) 동일한 문제가 반복 발생할 경우 어떻게 대응해야 한다고 생각합니까?
▪ 최근 수마트라섬에서 사이클론의 영향으로 발생한 대규모 홍수 사례를 계기로, 기후변화에 따른 극한기상 현상이 다른 지역의 댐에도 영향을 미칠 가능성을 검토함. 유사한 홍수 피해가 발생할 수 있는 상황에 대비하여 사전적인 위험 검토를 수행함. ▪ 극한 홍수에 대한 대응방안으로 여수로에 수문이 설치되지 않은 댐에 수문을 추가 설치하는 방안을 검토함. 이를 통해 집중호우 발생 이전에 저수지의 물을 미리 방류할 수 있는 운영 여건을 마련하고자 함. ▪ 대규모 홍수가 예상되는 경우 홍수 발생 약 7일 전부터 사전 방류(Early Release)를 실시하여 홍수조절용 저수용량을 확보하는 방안을 고려함. 기상예측에 기반한 선제적 댐 운영을 통해 홍수 유입에 대비하고 댐의 안전성을 확보하고자 함.
Q5. (규정 및 절차 이해) 시설 관리에서 규정과 매뉴얼이 왜 필요하다고 생각합니까?
▪ 댐 안전관리 관련 지침인 NSPM은 시설의 운영·유지관리 단계뿐만 아니라 설계와 건설을 포함한 전 생애주기에 걸쳐 중요한 기준으로 활용됨. 각 단계에서 관련 지침을 준수하여 일관되고 체계적인 안전관리 업무를 수행함.

▪ 비상상황 발생 시 담당자가 수행해야 하는 조치와 절차가 사전에 명확하게 규정되어 있어야 함. 특히 어떤 조치를 어떤 순서로 실시해야 하는지 단계별로 구체적인 기준을 마련하는 것이 중요함. ▪ 규정과 매뉴얼을 통해 비상상황에서도 담당자가 혼란 없이 필요한 조치를 단계적으로 수행할 수 있음. 명확한 지침을 바탕으로 안전관리 업무의 일관성을 확보하고 신속하고 체계적인 대응을 실시함.
Q6. (조직 협력 인식) 댐 안전관리 조직에서 각 구성원의 역할이 왜 중요하다고 생각합니까?
▪ 기존 댐에는 댐 관리단(Unit Pengelola Bendungan, UPB)이 배치되어 있으며, 해당 조직에서 일상적인 유지관리와 안전점검을 수행함. 저수위 변화, 산사태, 사면 붕괴 등 댐 안전과 관련된 이상 징후를 지속적으로 모니터링함. ▪ 현장 관리조직에서 시설물의 이상이나 사고가 발견되면 상급기관인 유역관리기관(BBWS)에 관련 내용을 보고함. 현장과 상급기관 간 보고체계를 통해 댐 안전관리 상황을 공유하고 필요한 후속 조치를 검토함. ▪ 현장 관리조직 차원에서 해결하기 어려운 문제가 발생하거나 전문적인 기술 검토가 필요한 경우 댐 기술센터에 지원을 요청함. 댐 기술센터는 필요시 현장을 방문하여 시설 상태를 확인하고 기술적 검토 및 지원을 제공함. ▪ 현장 관리조직의 상시 점검, 유역관리기관의 관리·감독, 댐 기술센터의 전문적인 기술 지원 등 기관별 역할을 구분하여 업무를 수행함. 각 조직 간 협력과 정보 공유를 통해 댐 안전관리 업무를 추진함.
Q7. (보고 체계 인식) 시설 관리 중 문제가 발생했을 때 누구에게 보고해야 한다고 생각합니까?
▪ 댐 안전관리 과정에서 계측장비에 문제가 발생할 경우, 현장 담당자가 독자적으로 조치방법을 결정하지 않고 댐 기술센터와 협의함. 댐 기술센터는 현장 상시관리보다는 기술적인 문제 발생 시 전문적인 검토와 지원을 담당함. ▪ 간극수압계(Piezometer), 경사계(Inclinometer), 침하계(Nuclear Settlement Gauge) 등 주요 계측장비의 고장 발생 시 댐 기술센터와 협의하여 원인과 대응방안을 검토함. 장비의 상태와 문제 유형에 따라 적절한 조치방법을 결정함. ▪ 계측장비의 문제 해결을 위해 장비 세척(Flushing)을 실시하거나, 필요한 경우 댐 본체 내부에 설치된 계측장비의 재설치 또는 교체를 검토함. 장비 교체 및 설치 과정에서도 NSPM에 규정된 기술적 절차와 방법을 준수함.
Q8. (직무 책임 의식) 본인이 댐 안전관리 조직에서 어떤 역할을 수행할 수 있다고 생각합니까?
▪ 댐 기술센터는 시설의 일상적인 현장 관리보다는 댐 안전관리 관련 문서와 계획의 적정성을 검토하는 역할을 수행함. 현장 관리기관에서 작성한 주요 안전관리 계획이 관련 규정과 기술적 기준에 부합하는지 확인함. ▪ 주요 검토 대상 중 하나는 댐 비상대응계획(RTD, Rencana Tindak Darurat)으로, 현장 관리기관이 작성한 계획의 적정성을 확인함. 특히 홍수 침수예상지도, 주민 대피경로 및 대피장소 등 비상대응에 필요한 사항의 포함 여부를 검토함. ▪ 댐의 경계상황 또는 비상상황 발생 시 적용되는 지휘체계와 관계기관 간 협조체계가 적절하게 수립되어 있는지 확인함. 또한 댐 운영·유지관리계획(OP Manual)이 필수적인 관리요건과 관련 기술기준을 충족하는지 검토함.

Q9. (학습 필요성 인식) 댐 안전관리 업무 수행을 위해 어떤 것을 배우는 것이 중요하다고 생각합니까?
▪ 댐 안전관리 업무 중 수문학(Hydrology) 및 수리학(Hydraulics) 관련 분야를 담당하고 있음. 담당 업무의 전문성을 높이기 위해 기후변화와 관련된 지식과 이해를 강화할 필요가 있음. ▪ 기후변화가 발생하는 원인과 과정에 대한 이해를 높이고, 기후변화가 향후 자연환경과 수문현상에 어떠한 영향을 미칠 수 있는지 학습할 필요가 있음. ▪ 기후변화에 따른 미래의 잠재적 위험과 변화 양상을 이해하고 관련 전문지식을 습득하고자 함. 이를 통해 수문・수리학 관련 업무 수행에 필요한 전문역량을 강화하고자 함.
Q10. (교육 참여 의지) 본 프로그램을 통해 무엇을 배우고 싶습니까?
▪ 한국의 댐 안전관리 기술 중 원격 자동계측(Telemetry) 및 모니터링 시스템에 관심이 높음. 인도네시아에도 모니터링 시스템이 구축되어 있으나, 확인한 시스템은 주로 저수위 관측에 초점을 맞추고 있으며 강우량 등 일부 자료는 여전히 수동으로 수집함. ▪ 한국의 댐 모니터링 시스템이 어느 수준까지 자동화되어 있는지 학습하기를 희망함. 특히 현장을 방문하지 않고 원거리에서 관측자료를 실시간으로 수집・전송・관리하는 기술과 운영방식에 관심이 있음. ▪ 자카르타에서 칼리만탄 지역의 강우량 자료를 실시간으로 확인하는 것과 같은 원격 모니터링 방식을 학습하고자 함. 다양한 지역에 설치된 계측장비의 관측자료를 중앙에서 통합적으로 수집・관리하는 방법에 관심이 있음. ▪ 개방형 스탠드파이프 간극수압계(Open Standpipe Piezometer), 진동현식 간극수압계(Vibrating Wire Piezometer) 등의 관측자료를 수동 입력 없이 시스템에 자동으로 연계할 수 있는지 확인하고자 함. 한국의 자동계측 기술을 통해 강우량・간극수압 등 다양한 계측자료를 효율적으로 관리하는 방법을 학습하기를 희망함.

응답자6: Bobi A. R. Amalia(댐호소국, 팀장)
Q1. (안전관리 필요성 이해 수준) 시설 관리에서 안전이 중요한 이유는 무엇이라고 생각합니까?
▪ 댐은 대규모 수자원을 저장하고 관리하는 시설로, 시설물의 파손이나 붕괴가 발생할 경우 광범위한 지역에 심각한 피해를 초래할 수 있음. 특히 사고 발생 시 피해 범위가 넓고 위험성이 매우 크기 때문에 철저한 안전관리가 필요함. ▪ 댐의 구조적 안전성을 확보하는 것은 대규모 사고와 피해를 예방하기 위한 필수적인 요소임. 댐 시설이 가진 잠재적 위험을 고려하여 지속적인 안전점검과 체계적인 관리가 이루어져야 함. ▪ 댐 안전관리는 단순한 시설 유지관리를 넘어 대규모 재해와 사고를 예방하기 위한 중요한 업무임. 시설물의 구조적 안정성을 유지하고 사고 발생 가능성을 최소화하는 것이 중요함.
Q2. (위험 인식 및 예방 사고) 시설에서 작은 이상 징후가 발견될 경우 어떻게 대응해야 한다고 생각합니까?
▪ 댐의 구조적 안정성은 이상 징후(Anomaly)가 발생한 위치와 특성에 따라 영향을 받을 수 있음. 동일한 이상 현상이라도 발생 위치에 따라 댐의 안전성에 미치는 영향과 위험 수준이 달라질 수 있음. ▪ 댐의 구조적 안정성을 평가할 때 시설물에 발생한 이상 징후의 유무뿐만 아니라 발생 위치, 유형 및 특성을 종합적으로 검토함. 이를 통해 이상 현상이 댐의 안전성에 미칠 수 있는

영향을 파악함.

- 작은 이상 징후라도 향후 시설물의 손상이나 구조적 불안정성으로 이어질 수 있는 초기 신호일 수 있음. 따라서 사소한 변화나 이상 현상도 놓치지 않고 확인하여 잠재적인 위험을 조기에 파악하는 것이 중요함.

Q3. (문제 접근 방식 및 논리적 사고) 시설 관리 중 문제가 발생하면 원인을 어떻게 파악하려 합니까?

- 댐의 구조적 안정성에 문제가 발생하면 우선 현장에서 육안점검을 실시하여 시설물의 상태를 확인함. 특히 댐 본체의 균열(Crack), 변위・이동(Displacement) 등 구조적 이상 징후의 발생 여부와 특성을 조사함.
- 현장점검과 함께 계측장비에서 수집된 관측자료를 분석하여 비정상적인 변화가 발생했는지 확인함. 저수위가 일정한 상황에서 간극수압(Pore Pressure)이 상승하거나, 침투수량(Seepage)이 비정상적으로 증가하는 현상 등을 주요 점검 대상으로 확인함.
- 현장점검 및 계측자료 분석 결과를 바탕으로 댐 기술센터(Balai Teknik Bendungan)에서 기술회의와 전문가 토론을 실시함. 이를 통해 확인된 이상 징후의 원인과 구조적 안정성에 미칠 수 있는 영향을 검토함.
- 필요시 댐 안전위원회(Komisi Keamanan Bendungan)와 협의하여 문제에 대한 추가적인 기술검토를 수행함. 현장 육안점검, 계측자료 분석, 전문가 검토 및 전문위원회 협의를 통해 문제의 원인을 종합적으로 파악함.

Q4. (문제 해결 접근 방식) 동일한 문제가 반복 발생할 경우 어떻게 대응해야 한다고 생각합니까?

- 댐에 특정 문제나 시설물 손상이 발생하면 특별점검(Inspeksi Luar Biasa)을 실시하여 시설 상태와 문제의 특성을 확인함. 일반적인 점검과 별도로 해당 문제에 대한 집중적인 현장조사를 수행함.
- 특별점검 이후 전문가 간 기술회의와 논의를 통해 문제의 원인과 필요한 대응조치를 검토함. 검토 결과를 바탕으로 시설물의 보수・개선이 필요한 사항을 정리하고 관련 기관에 개선조치를 권고함.
- 개선 권고 이후에는 해당 조치가 실제로 이행되고 있는지 지속적으로 확인함. 단순히 문제를 발견하고 개선을 권고하는 데 그치지 않고, 후속 조치의 진행 상황과 완료 여부를 관리함.
- 약 5년마다 실시하는 정기 종합점검을 통해 과거에 발견된 문제의 해결 여부와 보수조치의 완료 여부를 재확인함. 특별점검, 기술검토, 개선 권고 및 후속 점검을 연계하여 댐 안전관리 업무를 수행함.

Q5. (규정 및 절차 이해) 시설 관리에서 규정과 매뉴얼이 왜 필요하다고 생각합니까?

- 댐 안전관리 매뉴얼은 시설물의 점검과 문제 발생 시 대응 절차를 표준화하기 위한 중요한 기준임. 업무 수행 과정에서 따라야 할 방법과 절차를 명확하게 규정하여 안전관리 업무의 일관성을 확보함.
- 댐 안전관리에는 현장점검 담당자, 계측자료 분석 담당자, 사무실 근무자 등 다양한 업무를 수행하는 관계자들이 참여함. 매뉴얼을 통해 서로 다른 업무를 담당하는 관계자들이 동일한 기준과 절차를 이해하도록 함.
- 담당자의 업무 유형이나 근무 위치에 관계없이 공통된 기준에 따라 업무를 수행하는 것이 중요함. 매뉴얼을 바탕으로 관계자 간 업무 이해의 차이를 줄이고, 시설 점검 및 문제 대응

과정에서 일관된 관리가 이루어지도록 함.
Q6. (조직 협력 인식) 댐 안전관리 조직에서 각 구성원의 역할이 왜 중요하다고 생각합니까?
▪ 댐은 규모가 크고 계측장비, 수문기계설비(Hydromechanical Equipment), 수문학적 관리 등 다양한 기술 분야가 연계된 복합시설임. 따라서 여러 분야의 담당자가 각자의 전문적인 역할을 수행하고 상호 협력하는 것이 중요함. ▪ 각 분야 담당자는 표준운영절차(SOP)에 따라 맡은 업무를 정확하게 수행해야 함. 개별 담당자의 업무가 다른 분야의 분석과 시설 운영에도 영향을 미치므로, 각자의 책임과 역할을 명확하게 이행하는 것이 필요함. ▪ 계측자료를 잘못 기록하거나 시스템에 부정확하게 입력할 경우 이후 수행되는 기술적 분석과 시설 운영에 문제가 발생할 수 있음. 따라서 현장 관측자료의 정확한 기록과 입력이 중요함. ▪ 시설 운영 과정에서 담당자의 업무 실수나 부적절한 조치는 댐의 정상적인 운영뿐만 아니라 구조적 안전성에도 영향을 미칠 수 있음. 각 구성원의 정확한 업무 수행과 SOP 준수를 통해 댐 전체의 안전성을 확보함.
Q7. (보고 체계 인식) 시설 관리 중 문제가 발생했을 때 누구에게 보고해야 한다고 생각합니까?
▪ 댐 안전점검을 실시한 이후 현장에서 확인한 시설물의 상태와 주요 문제점을 점검 결과보고서에 기록함. 시설물의 손상이나 이상 징후 등 점검 과정에서 확인된 사항을 정리하여 공식적인 기록으로 관리함. ▪ 현장점검 이후 관계자들과 기술회의 및 협의를 진행하여 발견된 문제와 필요한 대응방안을 검토함. 협의 과정에서 논의된 주요 내용과 보수・개선이 필요한 사항을 정리하여 보고서에 포함함. ▪ 댐 안전위원회(Komisi Keamanan Bendungan)와의 기술협의 결과 및 개선 권고사항을 포함하여 관련 내용을 댐 기술센터장에게 보고함. 현장점검, 기술협의, 개선 권고사항 도출 및 기관장 보고의 절차에 따라 업무를 수행함.
Q8. (직무 책임 의식) 본인이 댐 안전관리 조직에서 어떤 역할을 수행할 수 있다고 생각합니까?
▪ 댐 기술센터(Balai Teknik Bendungan) 소속 직원으로서 댐 안전위원회와 함께 댐 안전 관련 기술회의 및 협의에 참여함. 개별 댐의 안전관리와 관련된 주요 기술적 문제와 검토사항에 대한 논의를 수행함. ▪ 기술회의에서 논의된 내용을 검토하고 주요 결과와 의견을 정리함. 회의 결과를 바탕으로 댐 안전과 관련된 주요 쟁점, 추가 확인이 필요한 사항 및 기술적 검토 결과를 보고서에 기록함. ▪ 댐 안전위원회와의 공식적인 기술협의 외에도 댐 기술센터 내부 직원들과 별도의 기술회의 및 분석 업무를 수행함. 내부 전문가 간 논의를 통해 개별 댐의 안전성 및 기술적 문제를 검토함. ▪ 댐별 안전성 분석과 기술검토 과정에 참여하고, 관련 논의와 검토 결과를 공식 문서로 정리함. 기술적 분석, 전문가 협의 및 보고서 작성 등 댐 안전관리를 위한 전문적인 지원 업무를 수행함.
Q9. (학습 필요성 인식) 댐 안전관리 업무 수행을 위해 어떤 것을 배우는 것이 중요하다고 생각합니까?
▪ 댐 안전관리 업무를 수행하기 위해서는 댐의 구조와 건설・시공 과정에 대한 기본적인

전문지식이 필요함. 댐이 어떠한 구조와 재료로 구성되어 있으며, 어떤 방식으로 건설되는지 이해하는 것이 중요함. ▪ 댐 본체와 구성 재료의 물리적·기술적 특성을 이해하고, 이를 바탕으로 현재 시설물의 상태를 판단할 수 있어야 함. 댐의 구조 및 재료 특성이 안전성에 미치는 영향을 파악하는 능력이 필요함. ▪ 댐의 현재 상태가 안전한지 또는 위험성이 있는지를 평가할 수 있는 기술적 분석 역량이 중요함. 시설물의 양호한 상태와 위험한 상태를 구분하고, 구조적 안정성을 판단하는 데 필요한 전문지식을 습득해야 함. ▪ 댐의 구조, 시공, 재료 특성 및 안전성 평가에 관한 이해를 종합적으로 강화할 필요가 있음. 이를 통해 댐의 물리적 상태를 분석하고 안전 여부를 판단하는 전문역량을 확보함.
Q10. (교육 참여 의지) 본 프로그램을 통해 무엇을 배우고 싶습니까?
▪ 다양한 댐 계측장비와 관리 시스템을 하나의 통합 모니터링 시스템으로 연결하는 기술과 구축 방법을 학습하고자 함. 특히 개별 장비에서 수집되는 계측자료를 통합적으로 관리할 수 있는 시스템 구성에 관심이 있음. ▪ 현재 인도네시아에서는 댐마다 다양한 종류의 계측장비가 사용되고 있으며, 장비별 운영 시스템도 서로 다른 경우가 있음. 이로 인해 여러 계측장비에서 수집되는 자료를 통합하여 관리하고 활용하는 데 어려움이 있음. ▪ 개별 댐의 안전관리뿐만 아니라 인도네시아 전역의 댐을 효율적으로 모니터링할 수 있는 통합관리체계가 필요함. 여러 지역에 분포한 댐의 계측 및 모니터링 정보를 하나의 시스템에서 확인하고 관리하는 방식을 학습하고자 함. ▪ 서로 다른 종류의 계측장비와 기존 모니터링 시스템에서 수집되는 데이터를 하나의 통합 플랫폼으로 연계하는 구체적인 기술과 방법에 관심이 있음. 이를 통해 다양한 계측자료의 통합관리와 댐 모니터링 업무의 효율성을 높이고자 함.

응답자7:Anissa Mayangsari(댐호소국, 팀장)
Q1. (안전관리 필요성 이해 수준) 시설 관리에서 안전이 중요한 이유는 무엇이라고 생각합니까?
▪ 댐은 붕괴나 파손이 발생할 경우 하류 지역에 광범위하고 심각한 피해를 초래할 수 있는 시설임. 특히 댐 붕괴에 따른 대규모 홍수는 하류 지역 주민의 생명과 안전에 직접적인 영향을 미칠 수 있으므로 철저한 안전관리가 필요함. ▪ 댐 붕괴 등 비상상황에 대비하여 비상대응계획(RTB)을 수립하고, 사고 발생 시 예상되는 피해 범위를 사전에 분석함. 댐 붕괴로 인한 홍수가 하류의 하구 및 바다에 이르기까지 어느 범위에 영향을 미치는지 확인함. ▪ 댐 붕괴 시 예상되는 침수지역과 해당 지역에 거주하는 주민 수를 파악하여 잠재적인 인명피해 규모를 예측함. 이를 바탕으로 댐 사고로 인한 대규모 재난에 대비하고 하류 주민의 안전을 확보함.
Q2. (위험 인식 및 예방 사고) 시설에서 작은 이상 징후가 발견될 경우 어떻게 대응해야 한다고 생각합니까?
▪ 댐에서 이상 징후(Anomaly)가 발견되면 운영·유지관리 매뉴얼(OP Manual)에 규정된 기준과 비교하여 정상 범위에 해당하는지 확인함. 이상 현상의 유형과 정도에 따라 댐의 구조적 안전성에 미치는 영향을 판단함.

▪ 누수 및 침투수(Seepage)가 발생할 경우 V-notch에서 측정되는 침투수의 상태와 유량을 확인함. 특히 침투수가 맑은지, 토사나 기타 이물질이 포함되어 있는지, 누수량이 어느 정도인지 등을 점검함. ▪ 댐 본체나 부속시설에서 균열(Crack)이 발견되면 균열이 확대되고 있는지 확인하고, 구조물의 이동이나 변형(Deformation) 정도를 점검함. 관측된 누수량, 균열, 변위 등의 계측값을 매뉴얼에서 정한 허용 기준과 비교하여 안전 여부를 판단함.
Q3. (문제 접근 방식 및 논리적 사고) 시설 관리 중 문제가 발생하면 원인을 어떻게 파악하려 합니까?
▪ 댐 시설이 정상적으로 작동하지 않거나 이상이 발생하면 우선 운영·유지관리 매뉴얼(OP Manual)을 확인함. 매뉴얼에 규정된 정상 작동 기준과 현재 시설의 상태를 비교하여 문제의 원인을 파악함. ▪ 시설의 정상적인 작동이 확인되지 않는 경우 우선 해당 시설의 운영을 중단하고 점검을 실시함. 시설 상태와 작동 조건을 확인하여 문제가 발생한 원인과 필요한 대응조치를 검토함. ▪ 담당자가 문제의 원인을 정확하게 파악하기 어렵거나 적절한 해결방법을 판단하지 못하는 경우 관련 전문가에게 기술적 지원을 요청함. 특히 기존 매뉴얼이나 지침에서 다루지 않는 문제는 전문가의 검토와 의견을 바탕으로 대응함.
Q4. (문제 해결 접근 방식) 동일한 문제가 반복 발생할 경우 어떻게 대응해야 한다고 생각합니까?
▪ 댐에서 동일한 문제가 지속적으로 반복되는 경우 단순한 운영·유지관리 문제가 아니라 설계, 시공 또는 주변 지반 조건에서 비롯된 근본적인 결함이 있을 가능성을 검토함. 반복적인 이상 현상의 원인을 정확하게 파악하기 위한 추가 조사가 필요함. ▪ 특정 위치에서 누수가 계속 발생하는 경우 시공 당시의 다짐(Compaction) 불량, 댐 내부 구역 구분(Zoning)의 설계 문제 등을 원인으로 검토함. 또한 설계·시공 단계에서 확인하지 못한 지하수나 용천수의 존재 등 주변 지반 및 환경 조건도 함께 고려함. ▪ 반복적인 문제를 해결하기 위해서는 단순한 보수조치에 그치지 않고 문제의 근본적인 원인에 대한 분석을 수행해야 함. 분석 결과 설계상의 문제나 구조적 결함이 확인되는 경우 설계 변경 또는 재설계 등의 근본적인 개선방안을 검토함.
Q5. (규정 및 절차 이해) 시설 관리에서 규정과 매뉴얼이 왜 필요하다고 생각합니까?
▪ 댐마다 구조적 특성과 운영 조건이 서로 다르므로, 모든 댐에 동일한 안전관리 기준을 적용하기보다는 개별 댐의 특성에 맞게 설정된 기준을 활용하는 것이 중요함. ▪ 개별 댐의 운영 방법과 안전관리 관련 매개변수(Parameter)는 해당 댐의 운영·유지관리 문서 등에 명시되어 있음. 시설 운영 및 안전점검 과정에서 이러한 기준과 매개변수를 확인하고 준수함. ▪ 댐의 안전성을 판단할 때 해당 댐에 설정된 안전관리 매개변수와 허용 범위를 중요한 기준으로 활용함. 개별 댐의 설계 및 운영 조건을 고려하여 계측자료와 시설 상태가 안전 기준을 충족하는지 확인함.
Q6. (조직 협력 인식) 댐 안전관리 조직에서 각 구성원의 역할이 왜 중요하다고 생각합니까?
▪ 댐 안전관리 업무는 점검, 계측자료 수집, 시설 운영 및 유지관리 등 다양한 분야로 구성되어 있어 한 명의 담당자가 모든 업무를 수행하기 어려움. 따라서 업무의 특성에 따라 담당자별 역할을 구분하고 협력하는 것이 필요함. ▪ 각 담당자는 계측자료 수집, 안전관리 매개변수 확인 등 자신에게 부여된 업무를 수행함.

개별 업무를 분담하여 댐의 상태를 종합적으로 확인하고 안전관리 업무가 지속적으로 이루어지도록 함. ▪ 댐의 안전성을 확보하기 위해서는 주간뿐만 아니라 야간에도 지속적인 감시와 모니터링이 필요함. 당직 및 교대근무 체계를 통해 24시간 댐의 상태를 확인하고 이상 발생 여부를 감시함.
Q7. (보고 체계 인식) 시설 관리 중 문제가 발생했을 때 누구에게 보고해야 한다고 생각합니까?
▪ 댐 안전관리 업무의 보고체계는 담당자의 소속 조직과 직위에 따라 달라짐. 재무관리 부서에 소속된 경우 해당 부서장에게 보고하며, 현재 소속 조직에서는 국장(Director)에게 업무 내용을 보고함. ▪ 실무 담당자는 정책 수립이나 주요 의사결정을 직접 수행하기보다는 상급자가 결정한 사항을 집행하는 역할을 담당함. 조직 내 직위와 권한에 따라 정책 결정과 실무 집행의 역할이 구분됨. ▪ 시설관리 과정에서 문제가 발생하면 소속 조직의 보고체계에 따라 관련 내용을 보고하고, 문제 해결을 위한 실무적 조치를 수행함. 상급자의 지시와 결정에 따라 필요한 후속 조치를 실행함.
Q8. (직무 책임 의식) 본인이 댐 안전관리 조직에서 어떤 역할을 수행할 수 있다고 생각합니까?
▪ 건설・시공 분야 담당자로서 댐 시설에 문제가 발생한 이후 현장 상태를 확인하고 필요한 보수・보강 방안을 검토함. 시설의 손상이나 구조적 문제가 발생한 경우 적절한 복구방법과 개선조치를 평가함. ▪ 보수・보강이 필요한 시설에 대해 구체적인 시공방법과 소요 비용을 검토함. 문제 해결에 필요한 보강 설계와 시공계획을 마련하고, 실제 현장에 적용할 수 있는 개선방안을 검토함. ▪ 댐 구조물에 변형(Deformation)이 발생하는 경우 추가적인 변형이나 구조적 불안정을 방지하기 위한 보강방안을 검토함. 예를 들어 카운터웨이트(Counterweight)를 활용하여 구조적 안정성을 높이는 방법과 관련 설계 개념을 검토함. ▪ 시설물의 문제 발생 이후 복구 및 개선방안을 마련하는 업무뿐만 아니라, 향후 추가적인 문제가 발생하지 않도록 사전적인 보강조치를 검토함.
Q9. (학습 필요성 인식) 댐 안전관리 업무 수행을 위해 어떤 것을 배우는 것이 중요하다고 생각합니까?
▪ 댐의 안전성을 확보하기 위해서는 건설 단계에서 설계 및 기술기준에 따라 정확하게 시공하는 것이 중요함. 시공 품질이 댐의 구조적 안전성에 직접적인 영향을 미치므로, 설계기준과 시공방법에 대한 이해가 필요함. ▪ 댐 시공이 완료된 이후에도 설치된 계측장비의 상태를 지속적으로 점검하고 관리해야 함. 계측장비의 고장이나 이상이 발생하면 필요한 수리 또는 교체를 실시하여 정상적인 관측이 이루어지도록 함. ▪ 댐의 상태를 정확하게 파악하기 위해서는 계측장비에서 수집된 자료를 체계적으로 기록하고 관리하는 것이 중요함. 계측자료의 정확성과 연속성을 확보하여 댐의 상태 변화를 파악할 수 있도록 함. ▪ 수집된 계측자료를 활용하여 댐의 구조적 안정성을 분석하고 안전 여부를 판단할 수 있는 역량이 필요함. 시공 품질관리부터 계측장비 유지관리, 데이터 관리 및 안전성 분석까지 전 과정에 대한 이해를 강화함.

Q10. (교육 참여 의지) 본 프로그램을 통해 무엇을 배우고 싶습니까?
▪ 댐의 안전 상태를 신속하게 판단할 수 있는 간이・신속 평가(Quick Assessment) 방법에 관심이 있음. 계측자료를 활용하여 댐의 구조적 안전성을 빠르게 평가하고 필요한 대응조치를 결정할 수 있는 방법을 학습하고자 함. ▪ 댐에는 다양한 계측장비가 설치되어 있으며, 이를 통해 다수의 안전관리 매개변수가 수집됨. 이러한 계측자료를 신속하고 효율적으로 처리・분석하여 댐의 현재 상태를 종합적으로 평가할 수 있는 기술이 필요함. ▪ 계측자료 분석 결과를 바탕으로 댐의 안전성을 판단하고, 필요한 보수・보강이나 관리조치를 신속하게 결정할 수 있는 의사결정 지원체계에 관심이 있음. 분석부터 대응방안 결정까지 소요되는 시간을 단축하고자 함. ▪ 현재 다양한 계측자료를 신속하게 분석하고 안전관리 의사결정을 지원하는 소프트웨어가 충분히 마련되어 있지 않음. 이에 따라 계측자료의 자동 분석과 신속한 안전성 평가가 가능한 소프트웨어의 구축 및 활용 방법을 학습하고자 함

응답자8: Pri Dodhy Agbar(댐호소국, 팀장)
Q1. (안전관리 필요성 이해 수준) 시설 관리에서 안전이 중요한 이유는 무엇이라고 생각합니까?
▪ 댐 안전관리는 시설물 자체의 구조적 안전성을 확보하는 것뿐만 아니라 하류 지역 주민과 사회에 미칠 수 있는 위험을 예방하기 위해 중요함. 댐에서 발생하는 사고는 시설물 외부의 광범위한 지역에 영향을 미칠 수 있음. ▪ 특히 댐 하류 지역에서 발생할 수 있는 인명・재산 피해와 사회적 위험을 중요하게 고려해야 함. 댐의 안전성 확보를 통해 하류 지역 주민의 안전을 보호하고 사회적 피해를 최소화하는 것이 필요함.
Q2. (위험 인식 및 예방 사고) 시설에서 작은 이상 징후가 발견될 경우 어떻게 대응해야 한다고 생각합니까?
▪ 댐에서 이상 징후가 발견되면 해당 현상을 지속적으로 모니터링하여 시간 경과에 따라 이상이 확대되거나 악화되는지 확인함. 정기적인 관측과 점검을 통해 시설물의 상태 변화를 파악함. ▪ 발견된 이상 징후에 대해 필요한 대응조치를 신속하게 판단하고 결정하는 것이 중요함. 문제의 심각성과 위험성을 고려하여 적절한 조치를 조기에 시행할 수 있도록 함. ▪ 이상 징후를 방치할 경우 향후 더 큰 시설 손상이나 안전 문제로 이어질 수 있으므로, 지속적인 모니터링과 신속한 대응을 통해 잠재적 위험을 최소화함.
Q3. (문제 접근 방식 및 논리적 사고) 시설 관리 중 문제가 발생하면 원인을 어떻게 파악하려 합니까?
▪ 댐 시설에 문제가 발생하면 우선 현장 육안점검을 실시하여 시설물의 상태와 이상 징후를 확인함. 현장에서 발견된 문제의 위치와 특성을 파악하여 원인 분석을 위한 기초자료를 확보함. ▪ 현장점검과 함께 댐에 설치된 계측장비의 관측자료를 확인함. 계측값의 변화와 이상 여부를 검토하여 현장에서 발견된 문제와 관련된 징후가 나타나는지 파악함. ▪ 현장 육안점검 결과와 계측자료를 비교하여 두 자료 간의 연관성을 분석함. 이를 통해 시설물에 발생한 문제의 원인을 파악하고 추가적인 확인이 필요한 사항을 검토함.

Q4. (문제 해결 접근 방식) 동일한 문제가 반복 발생할 경우 어떻게 대응해야 한다고 생각합니까?
▪ 댐에서 동일한 문제가 반복적으로 발생하는 경우 기존에 실시한 대응조치가 적절하지 않았을 가능성을 검토함. 문제가 반복되는 근본적인 원인을 다시 조사하여 실제 발생 원인을 파악할 필요가 있음. ▪ 이전에 결정하고 시행한 보수・개선조치가 문제를 해결하는 데 적합했는지 재검토함. 기존 대응방안의 효과와 적절성을 확인하고, 문제가 지속되는 원인을 분석함. ▪ 기존 대응조치가 효과적이지 않았거나 근본 원인을 충분히 해결하지 못한 경우 새로운 해결방안을 마련함. 재조사 결과를 바탕으로 문제의 원인에 적합한 개선조치를 다시 수립함.
Q5. (규정 및 절차 이해) 시설 관리에서 규정과 매뉴얼이 왜 필요하다고 생각합니까?
▪ 댐 안전관리 관련 지침과 문서는 기후변화 등 외부 환경과 관리 여건의 변화에 맞춰 지속적으로 갱신할 필요가 있음. 기존 기준이 변화된 환경에서도 적절하게 적용될 수 있는지 검토함. ▪ 기후변화로 인해 강우 및 수문 조건 등 댐 운영에 영향을 미치는 환경적 요인이 달라질 수 있으므로, 이러한 변화를 안전관리 기준과 지침에 반영해야 함. ▪ 변화된 환경과 새로운 위험요인을 고려하여 관련 지침과 문서를 최신화하고, 개정된 기준을 실제 댐 안전점검 및 운영・유지관리 업무에 적용함.
Q6. (조직 협력 인식) 댐 안전관리 조직에서 각 구성원의 역할이 왜 중요하다고 생각합니까?
▪ 댐은 다양한 기술적 요소와 시설이 결합된 복합시설로, 안전관리 과정에서 여러 분야의 전문지식과 업무 수행이 필요함. 시설의 규모와 복잡성을 고려할 때 한 명의 담당자가 모든 문제를 해결하기 어려움. ▪ 댐 안전관리 업무를 효과적으로 수행하기 위해서는 여러 담당자와 전문인력 간의 협력이 필수적임. 개별 담당자의 전문성과 역할을 활용하여 시설의 문제를 공동으로 검토하고 해결할 필요가 있음. ▪ 개인의 업무 수행에만 의존하기보다 조직적인 협력과 체계적인 관리체계를 구축하는 것이 중요함. 이를 위해 응답자가 언급한 TIV라는 조직 또는 체계를 마련하여 댐 안전관리 업무를 수행할 필요가 있음.
Q7. (보고 체계 인식) 시설 관리 중 문제가 발생했을 때 누구에게 보고해야 한다고 생각합니까?
▪ 댐에서 안전관리 관련 문제가 발생하면 지역 유역관리기관(BBWS/BWS)이 해당 내용을 중앙정부에 보고함. 중앙정부는 보고된 문제를 바탕으로 관련 전문기관과 함께 필요한 조사 및 대응절차를 진행함. ▪ 중앙정부 차원에서는 댐 안전위원회(Komisi Keamanan Bendungan)와 댐 기술센터(Balai Teknik Bendungan)가 문제에 대한 전문적인 조사와 기술적 검토를 수행함. 조사 결과를 바탕으로 문제의 원인과 필요한 대응방안을 협의함. ▪ 운영 중인 댐에서 문제가 발생한 경우 댐・호수국(Direktorat Bendungan dan Danau)뿐만 아니라 운영・유지관리국(Direktorat Operasi dan Pemeliharaan)도 관련 논의에 참여함. 필요시 기술지도국(Direktorat Bina Teknik)도 기술적 협의에 참여함. ▪ 지역 유역관리기관의 보고를 시작으로 중앙정부와 댐 안전위원회, 댐 기술센터 및 관련 부서가 협력하여 문제를 조사하고 해결방안을 마련함. 댐의 운영 상태와 문제 유형에 따라

여러 기관이 공동으로 대응함.
Q8. (직무 책임 의식) 본인이 댐 안전관리 조직에서 어떤 역할을 수행할 수 있다고 생각합니까?
▪ 댐 안전관리와 관련하여 지역 유역관리기관, 댐 기술센터 및 댐 안전 관련 위원회가 참여하는 기술회의와 협의에 참석함. 관계기관과 함께 댐의 안전관리 현안과 필요한 대응방안을 검토함. ▪ 댐 기술센터가 개별 시설의 세부적인 기술 분석과 검토를 수행하는 데 비해, 보다 포괄적인 관점에서 댐 안전관리와 관련된 현안을 검토함. 여러 기관의 업무와 기술적 논의 사항을 종합적으로 확인함. ▪ 현장에서 진행되는 댐 관련 사업이나 안전관리 조치사항의 추진 현황을 모니터링하고 평가함. 계획된 사업과 개선조치가 실제 현장에서 어떻게 진행되고 있는지 지속적으로 점검함.
Q9. (학습 필요성 인식) 댐 안전관리 업무 수행을 위해 어떤 것을 배우는 것이 중요하다고 생각합니까?
▪ 기후변화로 인해 기상 및 수문 조건의 불확실성이 증가하고 있으므로, 이에 대응하기 위한 수문학(Hydrology) 분야의 전문지식과 분석 역량을 강화할 필요가 있음. 변화하는 강우 및 홍수 특성을 이해하고 댐 안전관리에 반영해야 함. ▪ 인도네시아는 환태평양 조산대(Ring of Fire)에 위치하여 지진 발생 위험이 높으므로, 지진이 댐의 구조적 안전성에 미치는 영향을 이해하는 것이 중요함. 지진에 따른 댐 안전성 평가 및 관련 위험 분석 역량을 강화할 필요가 있음. ▪ 댐 상류 지역의 토지이용이 지속적으로 변화하고 있으며, 이러한 변화가 저수지 내 퇴적물 축적에 영향을 미칠 수 있음. 상류 지역의 토지이용 변화와 퇴적물 관리(Sedimentation)에 관한 전문지식을 습득할 필요가 있음. ▪ 기후변화로 인한 강우 및 수문 조건의 변화에 대응하여 댐 운영방식(Operation Pattern)을 조정하는 방법을 학습할 필요가 있음. 변화하는 환경에서도 댐을 안전하게 운영할 수 있도록 운영관리 역량을 강화해야 함.
Q10. (교육 참여 의지) 본 프로그램을 통해 무엇을 배우고 싶습니까?
▪ 댐은 사회・경제적으로 중요한 편익을 제공하는 시설이므로, 장기간 안전하게 운영될 수 있도록 다양한 위험요인에 대응해야 함. 특히 기후변화, 지진, 퇴적물 축적 등 인도네시아 댐 안전관리에 영향을 미치는 주요 위험요인에 대한 전문지식을 강화할 필요가 있음. ▪ 최근 댐 안전관리 관련 교육에 참여한 경험이 있으나, 해당 교육에서는 기후변화에 따른 새로운 위험이나 인도네시아의 최근 지진 발생 상황 등이 충분히 반영되지 않았음. 기존 교육만으로는 변화하는 위험요인에 대응하는 데 한계가 있음. ▪ 기후변화에 따른 수문 조건 변화, 지진 위험 및 퇴적물 관리 등 최신 위험요인을 반영한 전문교육이 필요함. 변화하는 환경과 새로운 안전관리 과제에 대응할 수 있도록 관련 지식과 기술을 지속적으로 갱신하고자 함. ▪ 최신 댐 안전관리 기술과 전문지식을 습득할 수 있는 후속 교육 프로그램에 참여할 의향이 있음. 특히 기존 교육에서 충분히 다루지 못한 최근의 환경 변화와 위험요인에 대한 대응기술을 학습하고자 함.

응답자9: Adi Pratammaputra Wiranto(댐호소국, 담당관)
Q1. (안전관리 필요성 이해 수준) 시설 관리에서 안전이 중요한 이유는 무엇이라고 생각합니까?
▪ 댐 안전관리는 시설물의 정상적인 기능을 유지하고 안정적인 서비스를 제공하기 위한 필수적인 요소임. 댐의 안전성이 확보되어야 시설 운영의 연속성을 유지하고 본래의 기능을 지속적으로 수행할 수 있음. ▪ 댐의 안전성은 시설물 자체뿐만 아니라 주변 지역 주민의 생명과 안전, 환경 보호 등 다양한 요소와 밀접하게 연관되어 있음. 따라서 댐 안전관리를 통해 시설 사고로 인한 주민 피해와 환경적 위험을 예방하는 것이 중요함. ▪ 댐 안전관리는 시설 운영에 필요한 예산 확보와 재원 조달의 지속가능성에도 영향을 미침. 안정적인 시설 운영과 유지관리를 위해 안전관리와 재정적 지속가능성을 함께 고려할 필요가 있음.
Q2. (위험 인식 및 예방 사고) 시설에서 작은 이상 징후가 발견될 경우 어떻게 대응해야 한다고 생각합니까?
▪ 댐에서 작은 이상 징후가 발생하더라도 그 정도가 매우 경미한 경우에는 정확한 측정과 위험성 판단이 어려울 수 있음. 따라서 이상 징후의 발생 여부뿐만 아니라 해당 현상을 객관적으로 측정하고 분석할 수 있는지를 고려해야 함. ▪ 이상 징후가 측정 가능하고 관측 결과 유의미한 변화나 문제가 확인되는 경우에는 이를 중요한 안전관리 사항으로 다루어야 함. 측정자료와 초기 분석 결과를 바탕으로 문제의 심각성과 잠재적인 위험성을 판단함. ▪ 초기 분석에서 특별한 위험이 확인되지 않거나 문제가 심각하지 않은 경우에는 반드시 긴급한 대응이나 정밀 분석이 필요한 것은 아님. 문제의 특성과 위험 수준에 따라 현장 담당자가 직접 조치하거나 추가적인 분석을 실시하는 등 대응 수준을 구분함.
Q3. (문제 접근 방식 및 논리적 사고) 시설 관리 중 문제가 발생하면 원인을 어떻게 파악하려 합니까?
▪ 댐 시설에 문제가 발생하면 우선 현장 실무자로부터 시설 이상이나 문제 발생에 관한 보고를 받음. 이후 해당 문제가 댐의 구조적 안전성과 직접적으로 관련된 부분이나 안전에 민감한 시설에서 발생했는지 확인하여 중요도를 판단함. ▪ 문제가 발생한 위치와 관련된 계측자료 및 관측 데이터를 확인하고, 시간 경과에 따른 변화 추세(Trend)를 분석함. 계측값의 변화 양상을 통해 이상 현상의 특성과 위험 가능성을 파악함. ▪ 현재 관측자료뿐만 아니라 해당 위치의 과거 계측자료와 사고・이상 발생 이력을 비교함. 과거에도 유사한 현상이 발생했는지, 이전과 비교하여 어떠한 변화가 나타났는지 확인하여 문제의 원인을 분석함. ▪ 기초적인 데이터 분석만으로 원인을 파악하기 어렵거나 추가적인 기술적 검토가 필요한 경우 관련 전문부서에 정밀 분석을 요청함. 현장 보고, 문제의 중요도 판단, 데이터 추세 분석 및 과거 이력 검토를 거쳐 전문적인 분석으로 연계함.
Q4. (문제 해결 접근 방식) 동일한 문제가 반복 발생할 경우 어떻게 대응해야 한다고 생각합니까?
▪ 동일한 문제가 반복적으로 발생하는 경우 과거에 발생한 문제와 현재의 문제가 정확히 동일한 현상인지 확인함. 이전 기록과 비교하여 문제의 발생 위치, 특성 및 관측값에 미세한 차이가 있는지 검토하고, 차이점이 발견되면 별도로 기록함.

- 반복적인 문제의 원인을 파악하기 위해 과거 계측자료와 점검 기록을 역추적하여 분석함. 문제 발생 이전과 이후의 데이터 변화를 비교하고, 특정 시점이나 조건에서 이상 현상이 반복되는지 확인함.
- 특정 간극수압계(Piezometer)에서 반복적인 오류나 이상 관측값이 발생하는 경우 주변에 설치된 다른 간극수압계의 관측자료와 비교함. 인접 계측장비에서도 유사한 변화가 나타나는지 확인하여 문제의 발생 원인과 특성을 파악함.
- 반복적인 이상 현상의 원인으로 시설물 자체의 문제뿐만 아니라 계측장비의 결함이나 인적 오류(Human Error) 등 비기술적 요인도 검토함. 과거 기록, 주변 계측자료 및 관련 정보를 종합적으로 분석하여 근본적인 원인을 파악함.

Q5. (규정 및 절차 이해) 시설 관리에서 규정과 매뉴얼이 왜 필요하다고 생각합니까?

- 표준운영절차(SOP)와 업무 지침은 관리자와 현장 실무자 모두에게 중요한 업무 수행 기준임. 각 담당자가 정해진 절차에 따라 업무를 수행하도록 하여 안전관리의 일관성과 신뢰성을 확보함.
- 관리자 입장에서는 SOP를 통해 현장에서 수집되는 데이터와 정보를 효율적으로 정리하고 확인할 수 있음. 현장 담당자가 업무를 적절한 절차에 따라 수행하고 있는지 점검하고, 업무 결과에 대한 신뢰성을 높일 수 있음.
- 현장 실무자 입장에서는 SOP와 업무 지침을 준수하여 업무 수행 과정에서 발생할 수 있는 실수와 인적 오류(Human Error)를 줄일 수 있음. 정해진 절차에 따라 업무를 수행함으로써 작업의 효율성과 정확성을 높일 수 있음.
- SOP의 체계적인 활용은 시설관리 업무의 효율성뿐만 아니라 예산과 시간 관리에도 긍정적인 영향을 미침. 불필요한 업무와 오류를 줄이고 제한된 인력과 자원을 효율적으로 활용하는 데 기여함.

Q6. (조직 협력 인식) 댐 안전관리 조직에서 각 구성원의 역할이 왜 중요하다고 생각합니까?

- 댐은 규모가 크고 다양한 시설과 기술적 요소가 결합된 복합시설로, 한 명의 담당자가 모든 분야를 관리하기 어려움. 따라서 여러 분야의 담당자와 전문인력이 협력하여 안전관리 업무를 수행해야 함.
- 댐 안전관리 업무는 시설 운영(Operation), 유지관리(Maintenance), 안전・보안 시스템(Security System) 등 여러 분야로 구분됨. 각 분야에서 요구되는 전문지식과 기술이 다르므로 담당자별 역할을 명확하게 구분할 필요가 있음.
- 개별 담당자가 모든 분야의 전문성을 갖추고 전체 업무를 수행하는 데에는 한계가 있음. 각 분야의 전문인력이 자신의 역할을 수행하면서 상호 협력하여 댐의 운영 및 안전관리 업무를 종합적으로 추진함.

Q7. (보고 체계 인식) 시설 관리 중 문제가 발생했을 때 누구에게 보고해야 한다고 생각합니까?

- 댐 현장에서 시설의 이상이나 문제가 발견되면 우선 다른 동료 담당자와 해당 문제를 확인함. 이를 통해 관측이나 업무 수행 과정에서 발생한 인적 오류인지, 실제 시설물에서 발생한 문제인지를 구분함.
- 동료 간 교차 확인 과정에서 다른 담당자가 이미 해당 문제를 발견했거나 관련 내용을 파악하고 있는지 확인함. 여러 담당자의 관측 결과와 정보를 비교하여 문제의 실제 발생 여부와 특성을 검토함.
- 문제가 심각하거나 시간이 지나면서 악화되는 경우 직속 상급자에게 관련 내용을 보고함.

문제의 중요도와 위험 수준에 따라 상급자에게 보고할 필요성을 판단하고 단계적으로 대응함.

- 필요시 직속 상급자를 거쳐 상위 관리조직까지 문제를 보고하고, 관련 부서와 함께 원인 분석 및 대응조치를 진행함. 동료 간 교차 확인, 문제의 심각성 판단, 상급자 보고 및 후속 분석의 절차에 따라 대응함.

Q8. (직무 책임 의식) 본인이 댐 안전관리 조직에서 어떤 역할을 수행할 수 있다고 생각합니까?

- 댐 운영 및 안전관리 과정에서 관리자의 의사결정이 개인의 주관적인 판단보다는 객관적인 데이터와 기술적 분석 결과에 기반하여 이루어지도록 지원하는 것이 중요함. 이를 위해 의사결정에 필요한 정확한 자료와 정량적 분석 결과를 제공할 필요가 있음.
- 현재 실무자나 중간관리자 수준에서 객관적인 근거를 바탕으로 정책과 주요 의사결정을 지원하는 데 어려움이 있음. 예산 배분, 인력 배치, 문제 해결의 우선순위 등이 충분한 계산이나 분석 없이 주관적인 판단에 따라 결정되는 경우가 있음.
- 기술적 분석과 객관적인 데이터를 바탕으로 상급자와 의사결정권자가 합리적인 결정을 내릴 수 있도록 지원하고자 함. 특히 제한된 예산과 인력을 효율적으로 배분하고, 문제 해결의 우선순위를 설정하는 데 정량적인 분석이 필요함.
- 농업용수 공급계획의 경우 단순히 농민에게 물이 필요하다는 사실을 확인하는 것만으로는 충분하지 않음. 어느 달에, 얼마 동안, 어느 정도의 용수가 필요한지를 구체적으로 분석하여 합리적인 용수 공급계획을 수립할 수 있도록 지원해야 함.

Q9. (학습 필요성 인식) 댐 안전관리 업무 수행을 위해 어떤 것을 배우는 것이 중요하다고 생각합니까?

- 댐 안전관리 역량을 강화하기 위해서는 일상적인 시설 운영과 현장 유지관리 업무에 대한 기초적인 이해가 우선적으로 필요함. 기본적인 현장 업무와 운영・유지관리 절차를 숙지한 이후 전문적인 기술교육으로 확대하는 단계적 접근이 중요함.
- 계측장비(Instrumentation)의 운영 및 유지관리 방법과 관측값을 정확하게 판독하는 능력을 습득할 필요가 있음. 계측장비의 정상 작동 여부를 확인하고, 수집된 관측자료를 이해하고 관리할 수 있는 실무역량이 중요함.
- 수문기계설비(Hydromechanical Equipment)의 작동 원리와 운영・유지보수 기술에 대한 교육이 필요함. 수문 등 주요 기계설비의 기능과 운영방식을 이해하고, 시설을 안정적으로 유지관리할 수 있는 능력을 확보해야 함.
- 기초적인 시설 운영・관리 역량을 확보한 이후에는 댐의 구조적 안정성(Stability) 분석, 수문학(Hydrology), 수질(Water Quality) 관리 등 전문 분야에 대한 학습이 필요함. 기초 실무교육과 전문 분석교육을 연계하여 단계적으로 역량을 강화해야 함.

Q10. (교육 참여 의지) 본 프로그램을 통해 무엇을 배우고 싶습니까?

- 약 4년 전 K-water에서 실시한 댐 안전관리 교육에 참여하여 댐의 구조적 안정성 분석과 한국의 안전성 평가 기술을 학습한 경험이 있음. 특히 한국의 댐 안전관리 시스템과 관련 기술에 높은 관심을 가지고 있음.
- K-water의 조기경보시스템(Early Warning System)과 유역 내 여러 원격계측(Telemetry) 시스템을 상호 연계하여 통합적으로 운영하는 방식에 깊은 인상을 받음. 여러 지역과 시설에서 수집되는 관측자료를 하나의 시스템으로 연결하여 모니터링하는 기술에 관심이 있음.

▪ 인도네시아에서는 다양한 기관과 댐에서 상당한 양의 관측자료를 수집하고 있으나, 기관별・시스템별로 데이터가 분산되어 있어 통합적인 연계와 활용에 어려움이 있음. 댐 안전관리와 재난위험 경감, 관계기관 간 협력에 활용할 수 있도록 데이터를 통합적으로 관리하고 분석하는 기술이 필요함. ▪ K-water의 유역 단위 통합 모니터링 시스템과 데이터 관리・분석 기술을 추가로 학습하고자 함. 특히 통합된 계측정보를 활용한 조기경보와 안전관리 의사결정 지원체계에 관심이 있으며, 한국에서 진행되는 후속 교육 프로그램에도 참여할 의향이 있음.

응답자10: Gumilar Ramadhan(댐호소국, 담당관)
Q1. (안전관리 필요성 이해 수준) 시설 관리에서 안전이 중요한 이유는 무엇이라고 생각합니까?
▪ 댐 안전관리를 위해서는 수문(Gate)의 안전성을 확보하는 것이 중요한 과제임. 특히 수문은 댐의 안전한 운영과 밀접하게 연관된 시설로, 수문의 안전성을 높이는 것이 댐 안전관리의 주요 우선순위 중 하나임. ▪ 수문의 안전성은 정부가 해당 시설을 적절하고 안전하게 사용할 수 있는지를 판단하는 중요한 요소임. 따라서 수문의 안전성을 강화하여 시설의 정상적인 운영과 사용 적합성을 확보하는 것이 필요함.
Q2. (위험 인식 및 예방 사고) 시설에서 작은 이상 징후가 발견될 경우 어떻게 대응해야 한다고 생각합니까?
▪ 댐 사면이나 본체에서 이상 징후가 발견되면 발생 위치와 시설 상태를 상세하게 기록하고 사진으로 문서화함. 작은 이상 징후라도 향후 심각한 문제로 발전할 가능성이 있으므로 누락하지 않고 기록하는 것이 중요함. ▪ 댐에서 균열(Crack)이 발견되는 경우 균열의 폭, 길이, 깊이 등을 구체적으로 측정하여 손상 정도를 파악함. 측정값과 사진자료를 축적하여 향후 균열의 확대 여부와 시설물의 상태 변화를 비교・분석하는 기초자료로 활용함. ▪ 계측장비에서 비정상적인 관측값이 발생하면 이상 현상이 최초로 나타난 시점과 지속 기간을 기록함. 이후 정기적인 모니터링을 통해 관측값의 변화와 이상 징후의 확대 여부를 지속적으로 확인함. ▪ 발견된 문제가 경미하고 현장에서 즉시 해결할 수 있는 경우에는 담당자가 직접 조치를 실시할 수 있음. 다만 현장에서 임시조치나 보수작업을 수행한 경우에도 조치 내용과 결과를 반드시 기록하고 관련 사항을 보고함.
Q3. (문제 접근 방식 및 논리적 사고) 시설 관리 중 문제가 발생하면 원인을 어떻게 파악하려 합니까?
▪ 댐 시설에 문제가 발생하면 우선 해당 문제의 근본적인 원인을 파악하기 위한 조사를 수행함. 특히 문제가 발생한 위치와 주변 시설의 상태를 확인하고, 해당 현상과 관련된 계측자료를 검토함. ▪ 특정 위치에서 누수 및 침투수(Seepage)가 발생하는 경우 해당 지점 주변에 설치된 계측장비의 관측자료를 확인함. 누수 발생 위치와 인접한 계측장비에서 이상 관측값이나 변화가 나타나는지 검토함. ▪ 주변 계측장비의 관측값이 누수 발생 원인을 설명하거나 뒷받침할 수 있는지 분석함. 문제 발생 지점과 관련된 여러 계측자료를 종합적으로 비교하여 이상 징후의 원인을 추적하고

파악함.

Q4. (문제 해결 접근 방식) 동일한 문제가 반복 발생할 경우 어떻게 대응해야 한다고 생각합니까?

- 댐에서 동일한 문제가 반복적으로 발생하는 경우 최초 발생 원인을 정확하게 파악하지 못했을 가능성을 검토함. 문제가 지속적으로 반복되는 근본적인 원인을 확인하기 위해 추가적인 조사와 분석을 수행할 필요가 있음.
- 이전에 실시한 보수·개선조치가 문제를 완전히 해결하지 못했을 가능성을 확인함. 기존 대응방안이 실제 문제의 원인에 적절하게 대응했는지, 조치가 충분하고 완전하게 이루어졌는지 재검토함.
- 기존 대응방법을 적용했음에도 동일한 문제가 반복되는 경우 다른 보수·개선 방법을 검토함. 추가적인 원인 분석과 기존 조치의 적절성 검토를 바탕으로 문제를 해결할 수 있는 새로운 대응방안을 마련함.

Q5. (규정 및 절차 이해) 시설 관리에서 규정과 매뉴얼이 왜 필요하다고 생각합니까?

- 시설 운영·유지관리 매뉴얼과 관련 지침은 안전관리 업무를 수행할 때 따라야 하는 기본적인 기준임. 시설관리 업무의 절차와 방법을 명확하게 규정하고 있으므로 담당자는 해당 기준에 따라 업무를 수행해야 함.
- 반복적으로 수행하거나 이미 익숙해진 업무라도 매뉴얼에 규정된 절차를 준수하는 것이 중요함. 일상적으로 수행하는 업무라는 이유로 특정 단계나 점검사항을 생략하지 않고 정해진 순서에 따라 업무를 수행함.
- 업무 수행 과정에서 사소한 절차나 점검사항이 누락되는 경우 평소 정상적으로 작동하던 시설에도 고장이나 문제가 발생할 수 있음. 따라서 매뉴얼에 규정된 모든 절차를 빠짐없이 준수하여 업무상 오류와 시설 고장을 예방함.

Q6. (조직 협력 인식) 댐 안전관리 조직에서 각 구성원의 역할이 왜 중요하다고 생각합니까?

- 댐 안전관리 업무에서는 팀원 간 협력과 긴밀한 소통이 중요함. 동일한 팀에 소속된 구성원들이 상호 협력하여 업무를 수행함으로써 시설관리의 정확성과 신뢰성을 높일 수 있음.
- 한 담당자가 특정 업무를 수행하는 경우 다른 담당자가 해당 업무를 모니터링하거나 감독하는 방식으로 역할을 분담함. 개별 담당자의 업무 결과를 다른 구성원이 확인하여 오류나 누락이 발생하지 않도록 함.
- 업무의 정확성을 확보하기 위해 최소 두 차례의 확인과 교차검증(Cross-check)을 실시하는 것이 중요함. 담당자 간 상호 점검을 통해 업무 결과의 신뢰성을 확보하고 보다 정확한 시설관리를 수행함.

Q7. (보고 체계 인식) 시설 관리 중 문제가 발생했을 때 누구에게 보고해야 한다고 생각합니까?

- 댐 시설에서 손상이나 이상이 발견되는 경우 운영·유지관리 매뉴얼에 규정된 보고체계에 따라 관련 내용을 보고함. 시설물의 문제를 발견한 이후 정해진 절차와 보고 경로를 준수하는 것이 중요함.
- 문제를 보고한 이후에는 관련 피드백을 바탕으로 필요한 대응방안과 보수·개선조치를 검토함. 발견된 문제에 대해 어떠한 기술적 조치가 필요한지 확인하고 후속 조치방법을 결정함.
- 일반적으로 시설물의 보수작업이나 기술적 조치를 시행하기 전에 상급 관리자의 승인(ACC)을 받아야 함. 시설 손상 발견, 매뉴얼에 따른 보고, 상급자 승인 및

보수・개선조치의 절차에 따라 업무를 수행함.
Q8. (직무 책임 의식) 본인이 댐 안전관리 조직에서 어떤 역할을 수행할 수 있다고 생각합니까?
▪ 현장에 설치된 계측장비의 최신 관측자료를 모니터링하고, 관측값의 갱신 현황을 확인하는 업무를 수행함. 현장 담당자가 수집한 계측자료가 정상적으로 기록되고 관리되고 있는지 지속적으로 점검함. ▪ 계측자료의 완전성과 정확성을 확인하는 데이터 품질관리(QC) 업무를 수행함. 현장 담당자가 수집한 자료에 누락이나 오류가 있는지 확인하고, 관측자료의 신뢰성을 확보하기 위한 점검을 실시함. ▪ 계측장비의 운영 상태와 관측값의 이상 여부를 확인하고, 장비별 교정(Calibration) 필요성을 정리함. 특히 관측값에 경미한 이상이 나타나는 장비를 파악하여 교정이 필요한 장비와 관련 현황을 관리함. ▪ 현재 수행하는 업무는 계측자료의 모니터링, 품질관리, 장비 상태 점검 및 교정 필요성 확인 등 자료 수집・관리 단계에 해당함. 수집된 계측자료를 활용한 전문적인 댐 안전성 분석 업무까지는 담당하지 않음.
Q9. (학습 필요성 인식) 댐 안전관리 업무 수행을 위해 어떤 것을 배우는 것이 중요하다고 생각합니까?
▪ 댐 안전관리 역량을 강화하기 위해서는 지반공학적 계측자료와 댐의 지질학적 특성에 대한 이해가 중요함. 특히 댐의 구조적 안전성을 판단하는 데 활용되는 주요 계측항목의 의미와 특성을 학습할 필요가 있음. ▪ 댐 내부의 침투수(Seepage) 발생 및 변화에 대한 이해가 필요함. 침투수의 상태와 변화 양상을 파악하고, 관련 계측자료를 통해 댐의 안전성을 확인하는 데 필요한 지식을 습득해야 함. ▪ 간극수압(Pore Water Pressure)과 댐 구조물의 변형・변위(Deformation/Displacement)에 대한 이해가 중요함. 간극수압의 변화와 구조물의 이동 및 변형을 파악하여 댐의 안전성을 판단하는 데 필요한 전문지식을 강화할 필요가 있음. ▪ 침투수, 간극수압, 변형・변위 등 주요 지반공학적 계측항목과 함께 댐의 지질(Geology) 및 지반 조건에 관한 학습이 필요함. 이러한 요소에 대한 종합적인 이해를 바탕으로 댐 안전관리 역량을 강화하고자 함.
Q10. (교육 참여 의지) 본 프로그램을 통해 무엇을 배우고 싶습니까?
▪ 이번 교육사업을 통해 참여자들의 댐 안전관리 관련 지식과 전문기술, 업무 수행 역량이 전반적으로 향상되기를 희망함. 특히 교육 참여자들이 기존의 업무 수준을 넘어 보다 전문적인 안전관리 업무를 수행할 수 있는 능력을 확보하고자 함. ▪ 계측장비에서 수집된 관측자료를 직접 분석하고, 분석 결과를 바탕으로 댐의 안전성을 평가할 수 있는 역량을 습득하고자 함. 단순한 계측자료 수집과 관리에서 나아가 자료의 의미를 해석하고 안전성을 판단하는 능력을 강화할 필요가 있음. ▪ 현장에서 비정상적인 계측값이나 시설물의 이상 징후가 발견되는 경우 해당 현상을 분석하고 필요한 대응방안을 검토할 수 있는 능력을 확보하고자 함. 특히 이상 상황에 대해 기본적인 대응조치나 기술적 개선방안을 제안할 수 있는 수준의 역량 향상을 기대함.

6) 성과관리 현지 조사 마무리 회의

□ 일시: 2026. 10. 16.(금) 16:00~17:00

□ 장소: 인도네시아 공공사업부 수자원청 내 회의실

□ 참석자

○내부: 김동휘 연구원, 정진솔 연구원, 박정현 교수

○외부: Slamet Lestari,(국장 직무대행), Radia Zulfikar,(제 3지역 담당 하위국장) Asmelita(제 1지역 담당 하위국장), Pri Dodhy Agbar(제 2지역 담당 하위국 팀장), Bobi A. R. Amalia(댐・호소 기술계획 담당 하위국 팀장), Idham Riyando M(제4지역 담당 하위국 팀장)(공공사업부 댐호소국 측), Muh. Firdaus(뽐페낭-제네베랑 대유역하천관리청 관계자, 빌리빌리 댐 측) 외 11명

□ 주요 논의내용

ㅇ 4일간 실시한 현지조사의 주요 결과를 공유하고, 향후 사업 추진 및 성과관리 방향에 대해 논의

- 이번 현지조사에서는 공공사업부 수자원청 관계자 면담, 빌리빌리댐 및 카리안 댐 현장 방문, 댐 안전관리 담당자 대상 정량・정성조사 등을 통해 인도네시아의 댐 안전관리 현황과 주요 현안, 사업에 대한 기대 성과 및 교육 수요 등을 파악
- 조사 결과를 바탕으로 향후 사업의 성과지표 설정과 역량강화 프로그램 구성, 기술지원 방향 등에 현지 관계자의 의견을 반영하는 방안을 논의

ㅇ PMC 선정 절차가 마무리되었으며, 2026년 11월 말~12월경부터 PMC의 인도네시아 현지 활동이 시작될 예정

- 한국농촌경제연구원은 본 사업의 성과관리를 담당하며, 사업의 성과지표 설정 및 측정, 사업 추진 과정에서의 성과 모니터링 등을 통해 사업 목표 달성을 지원할 계획임을 설명함.
- 특히 이번 현지조사에서 확인한 인도네시아 측의 의견과 수요를 한국농어촌공사 및 PMC에 전달하고, 향후 사업 추진 과정에서도 인도네시아 측과 지속적으로 협의할 계획임.

○ 빌리빌리댐과 카리안댐 현장조사를 통해 각 댐의 안전관리 현황과 운영상의 어려움을 확인함.

- 현장 관계자와의 면담을 통해 댐별 주요 안전관리 현안과 시설·장비의 개선 필요사항, 현장 인력의 기술적 어려움 및 교육 수요 등을 파악함.
- 조사단은 인도네시아의 댐 안전관리가 전반적으로 체계적으로 이루어지고 있다고 평가하였으며, 특히 신규 댐인 카리안댐의 경우 운영관리 체계가 잘 갖춰져 있고 현장 관계자들이 문제를 적극적으로 질문하고 해결하려는 의지를 보였다고 설명함.
- 또한 인도네시아 측의 적극적인 자료 제공과 현장조사 협조를 통해 조사가 원활하게 이루어졌으며, 실제 댐 운영상의 어려움과 사업을 통해 기대하는 지원 사항을 구체적으로 확인할 수 있었다고 밝힘.

○ 한국 측은 공공사업부 및 현장 댐 안전관리 담당자를 대상으로 실시한 역량평가 결과를 공유하고, 조사 대상자의 직무와 전문성 수준을 고려한 맞춤형 역량강화 교육이 필요하다는 의견을 제시

- 조사 대상자의 전반적인 역량 수준이 높은 것으로 평가하였으며, 일부 관계자는 댐 안전관리와 관련하여 전문적인 수준의 지식과 역량을 보유함.
- 다만 중앙정부 관리자, 현장 운영 담당자, 계측자료 수집 담당자 및 자료 분석 담당자는 실제 수행하는 업무와 필요한 전문지식에 차이가 있으므로, 향후 역량강화 교육과정을 직무별 특성에 맞게 구성할 필요가 있음.
- 또한 한국의 기술과 경험을 일방적으로 전달하기보다는 양국의 댐 안전관리 경험과 지식을 공유하고, 상호 보완적인 방식으로 교육을 추진하는 것이 바람직

○ 인도네시아 측은 자국 댐의 시설 특성과 운영 여건을 고려한 교육 프로그램이 필요하며, 특히 실제 댐 현장을 활용한 실습 중심의 교육을 희망한다고 밝힘.

- 인도네시아 측은 과거 일부 교육에서 활용된 사례가 자국 댐의 유형이나 운영 여건과 차이가 있어 실제 업무에 적용하는 데 어려움이 있었음.
- 이에 인도네시아의 실제 댐을 교육 사례로 활용하거나, 인도네시아 댐과 유사한 구조 및 특성을 가진 한국의 댐을 방문하여 관련 기술을 습득할 수 있는 프로그램을 요청
- 특히 한국의 필댐(Earth-fill Dam) 및 록필댐(Rock-fill Dam) 등을 방문하여 댐의 거동 특성과 유지관리 방법, 안전점검 방식 등을 직접 확인하기를 희망

하였으며, 장성댐과 소양강댐 등이 방문 사례로 언급됨.

- 또한 댐 안전관리시설과 계측장비의 운영·유지관리 방법을 단순한 이론교육보다는 현장 실습과 실제 사례를 중심으로 학습하기를 희망한다고 밝힘.

○ 새로운 댐 안전관리시스템의 도입뿐 아니라 기존 계측장비와 시스템의 개선·활용, 계측자료 분석 및 지속적인 모니터링 역량강화가 필요

- 인도네시아 측은 새로운 시스템의 기능을 소개하는 교육에 그치지 않고, 현재 현장에서 사용 중인 계측장비와 안전관리시스템을 어떻게 개선하고 효율적으로 활용할 수 있는지에 관한 실무교육을 요청함.
- 특히 계측자료의 수집 방법뿐만 아니라 수집된 자료의 분석 및 해석, 지속적인 모니터링, 관련 모델링 기법 등에 대한 교육이 가능한지 문의함.
- 한국 측은 현장 관계자의 자료 분석 및 활용 역량을 강화할 수 있는 교육방안을 검토하겠다고 설명하였으며, 중앙 댐 안전 모니터링센터 구축과 실시간 데이터 수집·분석 관련 구체적인 사업 범위는 PMC와 추가 협의하기로 결정
- 또한 인도네시아 측은 교육과 관련 안전관리시설 지원을 통해 현장 담당자가 실제 업무 수행에 필요한 경험과 기술을 축적할 수 있기를 기대

○ 기초선조사에서 확보한 자료를 바탕으로 사업 성과지표와 측정 방안을 구체화하고, 향후 사업 추진에 따른 댐 안전관리 담당자의 역량 변화를 지속적으로 확인할 계획

- 이번 정량·정성조사를 통해 확보한 댐 안전관리 담당자의 지식과 업무 수행 역량, 안전관리 인식 및 교육 수요 등을 사업 착수 시점의 기초선 자료로 활용할 계획임.
- 향후 사업을 통한 교육과 기술지원 이후 동일하거나 비교 가능한 항목을 조사하여 담당자의 역량이 얼마나 향상되었는지 확인할 예정

○ 한국 측은 이번에 방문한 2개 댐 외에 나머지 사업 대상 댐 8개소의 현장 안전관리 담당자를 대상으로 온라인 역량조사를 추가 실시할 계획

- 이번 현지조사에서는 빌리빌리댐과 카리안댐의 현장 안전관리 담당자를 대상으로 설문을 실시하였으며, 향후 나머지 사업 대상 댐 8개소에서도 동일한 방식의 조사를 추진할 예정
- 추가 조사는 온라인 설문 방식으로 진행할 계획이며, 이를 통해 사업 대상

댐 전체의 현장 안전관리 인력에 대한 역량 수준과 교육 수요를 보다 폭넓게 파악하고자 함.

- 조사 결과는 공공사업부 및 관련 기관과 공유하고, 향후 역량강화 교육 대상자 선정과 교육과정 구성, 사업 성과지표의 기초선 설정 등에 활용할 예정

○ 양측은 이번 현지조사 결과를 향후 사업 추진에 반영하고, 성과지표와 교육 프로그램 및 기술지원 방향을 구체화하기 위해 지속적으로 협력하기로 함.

- 인도네시아 측은 이번 조사에서 제시한 현장의 주요 애로사항과 교육 수요가 향후 사업 추진 과정에 실질적으로 반영되기를 희망하였으며, PMC의 현지 활동이 시작되면 구체적인 사업내용을 추가 논의하기를 기대한다고 밝힘.
- 사업의 기대 성과와 성과지표에 관한 의견을 지속적으로 제공하고, 나머지 사업 대상 댐의 온라인 설문조사 및 교육 수요 파악 등에 협조하기로 함.

	
회의 사진	단체 사진

5. 현지 수집자료

1) 빌리빌리댐 발표자료

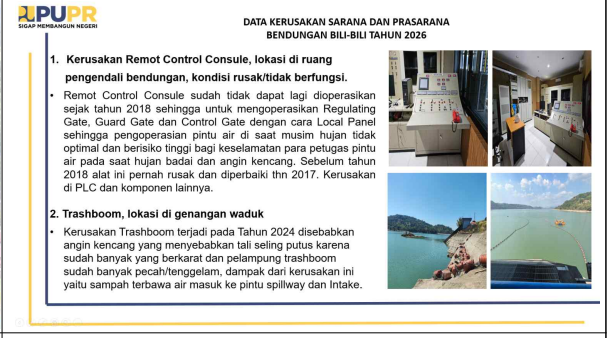
□ 일시: 2026. 10. 14.(수) 13:00~17:00

□ 장소: 빌리빌리댐 운영관리조직(UPB) 사무소 내 회의실

□ 자료 사진



자료 사진(1)



자료 사진(2)

□ 자료 번역・요약

※ 인도네시아어로 작성된 현지 자료를 ChatGPT를 활용하여 한국어로 번역・요약한 후 작성자가 검수

① 빌리빌리댐 개요 및 주요 시설 현황

○ 빌리빌리댐(Bili-Bili Dam)은 인도네시아 남술라웨시주 고와군(Gowa Regency)에 위치한 다목적댐으로, 제네베랑강(Jeneberang River) 유역의 수자원 관리에 중요한 역할을 수행하고 있음.

- 빌리빌리댐은 남술라웨시주 고와군 본토마란누(Bontomarannu) 지역의 빌리빌리 마을에 위치하며, 마카사르(Makassar)시에서 동쪽으로 약 30km 떨어져 있음.
- 댐은 제네베랑강 유역에 속하며, 인도네시아 공공사업부 수자원청 산하 폼펭안-제네베랑 대유역하천관리청(BBWS Pompengan-Jeneberang)에서 관리하고 있음.
- 주요 시설은 본댐(Main Dam), 좌측 부댐(Left Wing Dam), 우측 부댐(Right Wing Dam), 취수시설, 여수로, 방류시설 및 저수지 등으로 구성되어 있음.

○ 빌리빌리댐의 본댐은 중앙 코어형 록필댐(Rockfill Dam with Central Core)으로 건설되었으며, 본댐과 양측 부댐을 통해 저수지의 물을 저장하고 관리하는 구조임.

- 본댐의 높이는 기초부 기준 73m, 제정 길이는 750m, 제정 폭은 10m이며, 제정 표고는 EL. +106m임.
- 좌측 부댐은 높이 42m, 제정 길이 646m, 제정 폭 10m이며, 우측 부댐은 높이 52m, 제정 길이 412m, 제정 폭 10m임. 두 부댐의 제정 표고는 본댐과 동일한

EL. +106m임.

- 본댐과 좌우 부댐에는 댐의 내부 상태와 안전성을 확인하기 위한 다양한 계측장비가 설치되어 있으며, 설계도면과 계측장비 배치도를 통해 설치 위치를 관리하고 있음.

○ 빌리빌리댐 저수지의 유역면적은 384.4㎢이며, 현지 발표자료에 제시된 총저수용량은 약 2억 4,384만㎥임.

- 정상저수위는 EL. +99.5m, 저수위는 EL. +65m이며, 계획홍수위는 EL. +103m로 제시되어 있음.
- 여수로는 수문이 설치된 부분과 자유월류식 부분으로 구분되며, 자유월류식 여수로의 월류부 폭은 70m, 수문식 여수로의 월류부 폭은 14m임.
- 여수로의 설계홍수량은 최대가능홍수량(PMF) 기준 약 4,261.7㎥/초이며, 50년 빈도 홍수량은 약 2,261.7㎥/초로 제시됨.
- 취수시설에는 롤러게이트(Roller Gate)와 제트플로게이트(Jet Flow Gate) 등이 설치되어 있으며, 계획 방류량은 약 45㎥/초임.

② 댐 운영성과 평가 및 유지관리 예산

○ 인도네시아 측은 2026년 빌리빌리댐의 운영성과를 운영·서비스, 물리적 시설·환경, 계측·점검, 조직·제도 등 4개 영역으로 구분하여 평가한 결과를 제시함.

- 운영 및 서비스 영역은 80.95점으로 '양호(Baik)' 등급을 받았으며, 나머지 3개 영역은 모두 '보통(Cukup)' 등급으로 평가됨.
- 물리적 시설 및 환경 영역은 78.28점, 계측 및 점검 영역은 78.26점, 조직 및 제도 영역은 78.94점으로 나타남.
- 전체적으로 운영·서비스 영역의 평가점수가 가장 높았으며, 다른 영역은 78점대의 유사한 수준으로 평가됨.

○ 운영 및 서비스 영역은 댐의 일상적인 운영 기능과 용수 공급 등 서비스 제공 기능, 비상대응계획의 적정성 등을 중심으로 평가함.

- 세부적으로 댐 운영 성과는 83.00점, 용수 공급 등 서비스 제공 성과는 88.15점으로 평가되었으며, 비상행동계획(RTD/EAP) 관련 성과는 65.00점으로 상대적으로 낮았음.
- 각 항목에 가중치를 적용한 운영·서비스 영역의 종합점수는 80.95점으로 산정

되어 양호 등급을 받음.
- 특히 비상행동계획 관련 평가점수가 다른 항목에 비해 낮게 나타난 점은 발표자료에서 확인되는 주요 특징임.

○ 물리적 시설 및 환경 영역은 댐 본체와 부속시설의 상태, 저수지 및 주변 환경의 관리 수준을 종합적으로 평가함.
- 주요 시설별 평가점수는 본댐 71.15점, 부댐 72.50점, 취수시설 78.99점, 방류시설 82.90점, 여수로 87.30점으로 나타남.
- 여수로와 방류시설의 평가점수가 상대적으로 높은 반면, 본댐과 부댐의 점수는 상대적으로 낮게 나타남.
- 환경 부문에서는 저수지 상태 76.60점, 퇴적물 및 녹지관리 74.00점, 주변 지역사회 관련 항목 80.88점으로 평가됨.
- 물리적 시설과 환경 분야의 가중평가 결과는 78.28점으로, 보통 등급에 해당함.

○ 계측·점검 및 조직·제도 영역은 계측장비의 운영 상태, 안전점검 수행 수준, 관리조직의 운영 역량 등을 중심으로 평가함.
- 계측 및 점검 영역에서는 계측장비 관련 성과가 77.93점, 안전점검 관련 성과가 78.59점으로 평가되었으며, 종합점수는 78.26점임.
- 조직 및 제도 영역에서는 조직 강화 79.82점, 인적자원 77.83점, 댐 관리업무 수행체계 78.00점, 지원시설 및 기반시설 80.24점으로 평가됨.
- 조직 및 제도 영역의 종합점수는 78.94점으로, 계측·점검 영역과 마찬가지로 보통 등급을 받음.

○ 빌리빌리댐은 2025년 기준 댐 운영 및 유지관리에 필요한 소요예산(AKNOP)을 약 176억 5,471만 인도네시아 루피아로 산정하였으며, 정기 유지관리와 주기적 보수에 상당한 예산이 필요한 것으로 제시됨.
- AKNOP(Angka Kebutuhan Nyata Operasi dan Pemeliharaan)는 댐의 운영·유지관리에 실제로 필요한 비용을 산정한 것으로, 발표자료에서는 연간 일상 유지관리비, 주기적 유지관리비 및 특별 유지관리비로 구분함.
- 연간 일상 운영·유지관리 소요액은 약 60억 8,353만 루피아로, 인건비성 활동비, 장비·기계 유지관리비, 시설관리비, 장비 구입비 및 출장비 등을 포함함.
- 주기적 유지관리 소요액은 약 115억 1,442만 루피아이며, 5년 주기 유지관리비 약 80억 8,043만 루피아와 20년 주기 유지관리비 약 34억 3,399만 루피아로 구분

됨.
- 특별 유지관리 항목에는 대규모 안전점검 관련 비용 약 5,675만 루피아가 포함되어 있음.
- 발표자료에 제시된 예산은 2025년 운영·유지관리 필요액으로, 실제 집행액이나 확보된 예산 규모와는 구분할 필요가 있음.

③ 댐 주요 구조물의 손상 및 보수 필요사항

○ 인도네시아 측은 2026년 기준 빌리빌리댐의 주요 시설 및 장비 손상 현황을 제시하였으며, 여러 시설에서 장기간에 걸쳐 발생한 노후화와 기능 저하 문제가 확인됨.
- 발표자료에서는 댐 본체와 부댐, 취수·방류시설, 수문 제어시설, 계측장비, 경보시설 등의 손상 발생 시점과 주요 원인, 보수 필요사항 및 미조치 시 예상 위험을 정리함.
- 시설별 손상 발생 시점은 2005년부터 2025년까지 다양하며, 일부 시설은 과거 보수작업이 이루어졌음에도 추가적인 보수나 교체가 필요한 것으로 제시됨.
- 주요 손상 유형은 시설 균열과 침식, 사면 보호시설의 훼손, 누수 및 침투수 발생, 계측장비 고장, 수문 제어시설의 기능 저하 등으로 구분됨.

○ 본댐 상류 측 사면에서는 2006년경부터 침식과 세굴에 따른 보호시설 손상이 발생하였으며, 추가적인 보수와 보강이 필요한 것으로 제시됨.
- 손상은 본댐 상류 측 취수시설 인근의 사면에서 발생하였으며, 장기간의 물 흐름과 침식 작용으로 사면 보호층 일부가 훼손된 것으로 설명됨.
- 현장 점검 결과를 바탕으로 손상된 숏크리트(Shotcrete) 등 사면 보호시설의 상태를 평가하고, 필요한 구간에 대한 보수를 실시할 것을 제안함.
- 이를 통해 파랑과 저수위 변동, 기상환경 등의 영향으로 손상이 추가로 확대되는 것을 방지하고 사면 보호기능을 유지하고자 함.

○ 본댐과 좌우 부댐의 상·하류 사면에서는 사석 보호층(Riprap)의 노후화와 변형이 발생하여 보수가 필요한 상황임.
- 사면 보호용 사석의 풍화와 손상은 2005년경부터 점진적으로 발생하였으며, 일부 구간에서 사석의 침하와 변형이 확인되었다고 설명함.
- 2023년 본댐 일부 구간에 사석을 추가로 설치하는 보수작업이 이루어졌으나, 전체 손상 구간에 대한 보수가 완료되지는 않은 상태임.

- 이에 본댐과 양측 부댐의 상·하류 사면에서 손상된 사석을 정비하고 필요한 부분을 추가 설치하는 작업을 제안함.
- 사석 보호층의 손상을 방치하면 파랑과 수위 변동에 따른 사면 침식이 확대되고, 장기적으로 댐 구조물의 신뢰성에 영향을 미칠 수 있다고 설명함.

○ 댐의 주요 터널과 우회터널에서는 균열 및 누수 문제가 발생하였으며, 누수 방지와 구조물 보호를 위한 추가 보수작업이 필요한 것으로 제시됨.
- 주요 터널(Main Tunnel)과 우회터널(Diversion Tunnel)의 손상은 2006년경 발생한 것으로 기록되어 있으며, 터널 벽체의 균열과 누수가 주요 문제로 제시됨.
- 2023년에는 균열이 발생한 일부 터널 벽체에 대해 주입보수(Grouting/Injection)를 실시하였으나, 추가적인 보수가 필요한 구간이 남아 있다고 설명함.
- 발표자료에서는 균열 및 누수 구간의 벽체를 보수하여 터널 보호층의 기능을 유지하고, 누수 확대와 추가적인 구조물 손상을 예방할 것을 제안함.
- 또한 주요 터널 내부에는 환기용 송풍기(Blower)가 설치되어 있지 않아, 작업자의 안전 확보와 원활한 유지관리 작업을 위해 환기설비 설치가 필요한 것으로 제시됨.

○ 댐 제정에 설치된 관리도로에서는 장기간에 걸쳐 아스팔트 포장의 균열과 침하가 발생하였으며, 도로의 안전성을 확보하기 위한 보수가 제안됨.
- 관리도로의 균열 및 침하 현상은 2016년경부터 점진적으로 발생하였으며, 현재까지 관련 문제가 지속되고 있는 것으로 설명함.
- 보수 대상은 약 2,300m 구간의 댐 관리도로이며, 손상 정도를 확인한 후 균열부 청소 및 밀봉, 손상된 포장층의 제거와 재포장 등을 시행할 것을 제안함.
- 보수작업은 균열부를 통한 빗물 침투를 방지하고, 관리도로의 안정성과 현장 운영인력의 이동 편의성을 확보하는 데 목적이 있음.

○ 저수지 내 부유 쓰레기의 유입을 차단하는 차단시설(Trash Boom)도 손상되어 기능 회복이 필요한 상황임.
- 쓰레기 차단시설은 2024년 강풍으로 인해 손상되었으며, 노후화된 와이어로프가 끊어지고 일부 부유체가 파손되거나 침수된 것으로 설명됨.
- 차단시설이 정상적으로 기능하지 못하면서 저수지 내 부유 쓰레기가 여수로와 취수시설 방향으로 이동하는 문제가 발생하고 있음.
- 이에 손상된 연결부와 부유체 등을 보수하여 부유 쓰레기가 주요 수리시설에 유

입되는 것을 방지할 필요가 있다고 제시함.

④ 수문 제어시설 및 전기·기계설비의 주요 문제

○ 빌리빌리댐은 수문 원격제어 콘솔의 고장으로 통제실에서 수문을 원격으로 조작할 수 없으며, 특히 집중호우와 강풍 등 악천후 상황에서 현장 운영인력의 안전 문제가 발생하고 있음.

- 수문 원격제어 콘솔(Remote Control Console)은 댐 통제실에 설치되어 있으나, 2018년부터 정상적인 작동이 불가능한 상태라고 설명함.
- 해당 장비는 이전에도 고장이 발생하여 2017년에 수리된 이력이 있으며, 현재 주요 고장 부위는 PLC(Programmable Logic Controller)와 관련 부품 등으로 제시됨.
- 원격제어 기능이 정상적으로 작동하지 않아 유량조절수문(Regulating Gate), 보호수문(Guard Gate), 제어수문(Control Gate) 등을 현장에 설치된 로컬 제어반(Local Panel)을 통해 조작해야 하는 상황임.
- 이에 따라 강우량이 많거나 강풍이 발생하는 상황에서도 운영 담당자가 직접 수문이 있는 현장까지 이동하여 개폐 작업을 수행해야 함.
- 발표자료에서는 이러한 운영방식이 우기 중 수문 조작의 효율성을 떨어뜨리고, 폭우와 강풍 발생 시 수문 운영 담당자의 안전에 높은 위험을 초래한다고 설명함.
- 원격제어 콘솔의 수리와 제어시스템 복구를 통해 통제실에서 안전하게 수문을 개폐할 수 있는 기능을 회복하는 것이 주요 개선 필요사항으로 제시됨.

○ 수문의 원활한 개폐를 위해 사용되는 유압장치에서도 오일 누출과 펌프 고장 문제가 발생하여 관련 장비의 보수 및 교체가 필요함.

- 보호수문(Guard Gate)의 유압장치에서는 2021년 오일 누출 문제가 발생하였으며, 관련 씰(Seal)의 보수 또는 교체가 필요한 것으로 제시됨.
- 유압계통의 오일 누출이 지속되면 작동 압력이 감소하고 수문의 정상적인 움직임이 제한될 수 있으며, 관련 부품의 추가 손상 위험도 증가함.
- 수문 구동용 유압펌프와 관련 시스템에서는 2022년 고장이 발생하였으며, 펌프 수리 또는 교체를 통한 정상적인 유압 회복이 필요한 것으로 제시됨.
- 유압펌프의 성능이 저하되면 수문 개폐가 원활하게 이루어지지 않아 방류량 조절 및 비상상황 대응에 지장을 줄 수 있다고 설명함.

○ 수문 운영에 필요한 전력공급 및 전기제어 시설에서도 장기간에 걸친 손상이 발생하여 전기설비의 신뢰성 확보가 필요한 것으로 제시됨.

- 제어수문(Control Gate)과 보호수문(Guard Gate)에 전력을 공급하는 배전반에서는 2011년경부터 손상 문제가 발생하였으며, 전력공급 기능을 회복하기 위한 점검과 보수가 필요한 것으로 설명함.
- 배전반의 기능 저하는 전력공급 중단, 누전 및 과열 등으로 이어질 수 있으며, 수문 조작과 댐 운영·유지관리 업무에 장애를 초래할 가능성이 있음.
- 주전원과 비상발전기 간 전원 전환에 사용하는 자동절체스위치(ATS)에서도 고장이 발생하여 관련 설비의 보수 또는 교체가 필요하다고 설명함.
- ATS의 자동전환 기능이 정상적으로 작동하지 않을 경우 정전 시 비상전원 공급이 지연되어 댐 운영장비와 안전관리 관련 시설의 가동에 영향을 줄 수 있음.

○ 수문 및 전기·기계설비의 손상은 개별 장비의 운영상 문제뿐 아니라 홍수 등 비상상황에서 댐의 대응 능력과도 직접적으로 연관되어 있는 것으로 제시됨.

- 발표자료에서는 수문 원격제어 기능, 유압장치, 배전반 및 비상전원 공급설비의 고장 현황을 각각 제시하고, 해당 설비의 정상적인 작동이 댐 운영의 안전성과 신뢰성 확보에 중요하다고 설명함.
- 특히 악천후 상황에서 현장 조작을 수행해야 하는 문제와 정전 시 장비 작동이 제한될 가능성 등은 댐 운영인력과 시설 안전 측면에서 주요 위험요인으로 제시됨.

⑤ 계측장비 및 모니터링 시스템의 고장 현황

○ 빌리빌리댐에는 댐 본체와 양측 부댐의 안전성을 확인하기 위한 다양한 계측장비가 설치되어 있으나, 일부 장비의 노후화와 고장으로 계측자료 확보에 어려움이 발생하고 있음.

- 현지 발표자료에서는 준공 당시의 설계도면(As-Built Drawing)을 활용하여 본댐, 좌측 부댐 및 우측 부댐에 설치된 계측장비의 배치 현황을 제시함.
- 해당 도면에는 댐의 주요 위치별 계측장비 설치 현황과 계측 지점 등이 표시되어 있으며, 1998년 작성된 준공도면을 주요 근거자료로 활용하고 있음.
- 그러나 일부 장비에서는 장기간에 걸친 고장과 기능 저하가 발생하여, 기존 계측시설의 정상적인 작동을 회복하기 위한 보수와 교체가 필요한 것으로 설명함.

○ 자동수위기록장치(AWLR)와 자동강우기록장치(ARR) 등 원격계측설비에서는 2025년 6월 고장이 발생하여 실시간 자료 수집 및 모니터링 기능에 문제가 발생함.

- AWLR(Automatic Water Level Recorder)과 ARR(Automatic Rainfall Recorder) 관련 고장은 중앙 서버 컴퓨터와 일부 현장 관측지점의 원격계측장비에서 발생한 것으로 설명함.
- 관련 장비의 고장은 수위와 강우량 등 주요 자료를 안정적으로 수집하고 전송하는 데 장애를 초래할 수 있음.
- 이에 따라 원격계측장비의 보수 및 교체를 통해 관측자료를 지속적으로 확보하고, 충분한 모니터링이 이루어지지 않아 발생할 수 있는 운영상 위험을 예방할 필요가 있다고 제시함.

○ 간극수압계(Piezometer)는 다수의 지점에서 고장이 발생하였으며, 본댐과 좌우 부댐에 설치된 총 34개 지점의 장비에 대한 보수 또는 교체가 필요한 것으로 제시됨.

- 간극수압계는 댐 본체와 기초부의 간극수압을 측정하여 내부 수리학적 상태와 안정성을 평가하는 데 활용되는 주요 계측장비임.
- 발표자료에서는 본댐과 양측 부댐의 총 34개 간극수압계 지점에 손상이 발생하였으며, 관련 장비의 보수 또는 교체를 제안함.
- 간극수압 자료가 정확하게 확보되지 않을 경우 댐 내부의 압력 변화를 확인하기 어렵고, 댐의 수리학적 상태 및 안정성을 평가하는 데 한계가 발생할 수 있음.
- 이와 별도로 2021년 고장이 발생한 유압식 간극수압계(Hydraulic Piezometer)에 대해서도 측정 및 판독시스템 점검, 손상 부품의 교체 등이 필요한 것으로 제시됨.

○ 다층 계측관(Multilayer Instrumentation)과 지하수위 관측시설(GWL)에서도 관측관 막힘 등으로 계측기능이 저하되어 관련 설비의 보수가 필요한 상황임.

- 좌측 부댐 제정 부근에 설치된 다층 계측시설에서는 2013년부터 계측관 내부가 이물질로 막히는 문제가 발생한 것으로 설명함.
- 계측관의 막힘으로 정상적인 측정이 어려워질 경우 댐 내부 상태와 변화 여부를 정확히 확인하기 어려우므로, 관련 관측시설의 보수가 필요하다고 제시함.
- 지하수위 관측시설(Ground Water Level, GWL)에서는 4개 지점의 보수가 필요한 것으로 설명함.

- 해당 시설은 2013년경부터 일부 고장이 발생하였으며, 2023년 막힌 관측관에 대해 세척작업(Flushing)을 실시하였으나 일부 지점에서는 문제가 지속되고 있다고 밝힘.
- 지하수위 관측자료의 누락이나 부정확한 측정은 댐 주변의 지하수위 및 내부 수압 변화를 확인하는 데 장애가 될 수 있으며, 잠재적인 안정성 문제의 발견을 지연시킬 수 있다고 설명함.

○ 지진계측장비와 기상관측시설에서도 고장이 발생하여 자연재해 관련 자료의 안정적인 확보를 위한 보수가 필요한 것으로 제시됨.
- 지진기록계(Accelerograph)에서는 2025년 고장이 발생하였으며, 배터리와 최대전력점추종장치(MPPT), 태양광 패널 등 전원공급 관련 부품의 손상이 주요 문제로 제시됨.
- 발표자료에서는 지진계측 센서와 전원공급장치, 통신케이블 및 기록시스템 등을 점검하고, 손상된 부품을 교체하여 지진 발생 시 관측자료를 정확히 확보할 필요가 있다고 설명함.
- 지진계측장비가 정상적으로 작동하지 않을 경우 지진 발생 시 댐 본체의 반응과 구조적 변화를 분석하기 위한 자료를 확보하기 어렵고, 지진 이후 손상 여부를 판단하는 데 지장이 발생할 수 있음.
- 자동기상관측시설(AWS, Automatic Weather Station)에서도 2021년 고장이 발생하여 관련 장비의 보수와 유지관리가 필요한 것으로 제시됨.
- AWS의 주요 보수 대상은 기상센서, 자료 기록장치, 제어반, 전원공급장치 및 통신설비 등이며, 강우량과 기온, 습도, 풍향·풍속 등의 관측자료를 정확하고 지속적으로 수집하기 위한 개선이 필요하다고 설명함.

⑥ 비상경보시설 및 저수지 유지관리 관련 보완사항

○ 빌리빌리댐의 비상경보시설은 일부 장비의 고장으로 정상적인 경보 기능을 확보하기 위한 보수가 필요한 상황임.
- 댐 비상상황을 사전에 알리기 위한 조기경보시스템(EWS, Early Warning System)에서는 2025년 고장이 발생하였으며, 관련 설비의 수리가 필요한 것으로 제시됨.
- 조기경보시스템은 댐에 위험 상황이 발생할 경우 신속하고 정확하게 정보를 전달하여, 운영 담당자와 지역 주민이 관련 비상대응 절차에 따라 조치할 수 있도록 지원하는 시설임.
- 해당 시스템이 정상적으로 작동하지 않을 경우 경보 전달과 주민 대피가 지연될

수 있으며, 재난 발생 시 인명 및 재산 피해 위험이 확대될 수 있다고 설명함.

○ 댐 하류 지역 주민에게 긴급상황을 알리기 위한 비상 사이렌에서도 고장이 발생하여 관련 장비의 수리가 필요한 것으로 제시됨.

- 비상 사이렌은 2019년 고장이 발생한 것으로 기록되어 있으며, 댐 붕괴 위험이나 대규모 홍수 등 비상상황 발생 시 하류 주민에게 위험정보를 전달하기 위한 시설임.
- 발표자료에서는 사이렌의 경보 기능을 회복하여 비상상황 발생 시 주민들에게 신속하게 정보를 전달하고, 대피 등 필요한 조치를 취할 수 있도록 해야 한다고 제시함.
- 특히 비상경보시설의 기능이 제한되면 댐 비상대응 절차의 이행에 차질이 발생할 수 있으므로 관련 설비의 보수가 필요하다고 설명함.

○ 저수지 내 퇴적물 제거를 위한 준설시설에서도 일부 장비의 손상이 확인되어 정상적인 준설작업을 위한 유지보수가 필요한 것으로 제시됨.

- 발표자료에서는 저수지 퇴적물 준설과 관련하여 준설용 배관의 부력체와 배관 연결부의 고무 부품에 대한 보수 및 교체를 제안함.
- 준설 배관의 부력체가 손상되면 배관이 수면 아래로 가라앉거나 정상적인 위치를 유지하지 못할 수 있으며, 연결부의 고무 부품이 손상되면 물과 퇴적물의 혼합물이 누출될 수 있다고 설명함.
- 이러한 문제는 준설작업의 효율성을 저하시키고 관련 장비의 추가 손상과 유지관리 비용 증가로 이어질 수 있으므로, 정상적인 준설작업을 위한 장비 보수가 필요하다고 제시함.

○ 발표자료에는 주요 시설의 손상 외에도 추가적인 점검과 자료 보완이 필요한 사항이 제시되어 있음.

- 발표자료 말미에는 댐 제정 관리도로의 균열 및 침하 규모, 사면 침식 발생 전후의 상태, 터널 누수량, 사석 보호층 보수 이후의 변형 상태 등에 관한 추가적인 사진과 자료 확보 필요성이 기재되어 있음.
- 또한 간극수압계 34개 손상 지점의 위치도와 다층 계측관 및 지하수위 관측관의 막힘 상태를 확인할 수 있는 자료를 추가하도록 요청하는 내용이 포함되어 있음.
- 그 밖에 취수시설 CCTV 추가, 제어수문 관련 제어케이블 교체, 배수로 내 퇴적물 축적, 여수로 수문 개도 측정장치의 정확도 문제 등이 추가 검토사항으로 기

재되어 있음.
- 다만 이러한 내용은 발표자료의 마지막 부분에 추가·보완 요청사항으로 제시된 것이므로, 앞서 설명한 공식 손상 현황 및 보수계획과는 구분할 필요가 있음.

⑦ 발표자료 주요 내용 종합

○ 빌리빌리댐의 2026년 운영성과 평가 결과, 운영 및 서비스 영역은 양호한 수준으로 평가되었으나, 물리적 시설·환경, 계측·점검, 조직·제도 영역은 보통 수준으로 평가됨.
- 운영 및 서비스 영역의 점수가 80.95점으로 가장 높았으며, 나머지 영역은 모두 78점대로 유사한 수준을 보였음.
- 특히 비상행동계획 관련 평가점수는 65.00점으로 다른 운영·서비스 평가 항목에 비해 상대적으로 낮게 나타남.
- 이러한 평가 결과와 함께 발표자료에서는 댐의 주요 구조물과 계측장비, 수문 제어시설 및 비상경보시설에 대한 보수 필요사항을 제시함.

○ 주요 시설의 손상 현황에서는 장기간에 걸친 구조물의 노후화와 계측·운영장비의 기능 저하가 확인됨.
- 댐 본체와 부댐의 사면 보호층, 터널의 균열 및 누수, 관리도로의 균열과 침하 등은 장기간에 걸쳐 발생한 물리적 시설의 주요 문제로 제시됨.
- 수문 원격제어 콘솔과 유압장치, 배전반 및 비상전원 공급설비의 고장으로 수문 운영의 효율성과 비상상황 대응에 어려움이 발생하고 있음.
- 특히 원격제어 콘솔의 고장으로 악천후에도 운영 담당자가 직접 수문 현장까지 이동해야 하는 문제가 발생하여 현장 운영인력의 안전 확보가 중요한 과제로 제시됨.

○ 댐 안전관리 자료의 확보와 활용을 위해 주요 계측장비 및 모니터링 시설의 보수 필요성이 제시됨.
- 간극수압계, 지하수위 관측시설, 다층 계측관, 자동수위·강우기록장치, 지진기록계 및 자동기상관측시설 등에서 고장이나 기능 저하가 발생한 것으로 설명됨.
- 이러한 계측장비의 고장은 댐의 내부 상태와 수리학적 변화를 파악하는 데 필요한 자료의 정확성과 연속성을 저하시킬 수 있음.
- 발표자료에서는 각 장비의 기능 회복을 위한 수리·교체와 함께 주요 계측자료를 안정적으로 확보할 수 있는 관리체계의 필요성을 제시함.

ㅇ 이와 함께 비상경보시설의 기능 회복과 저수지 유지관리 관련 시설의 보수가 필요한 것으로 제시됨.

- 조기경보시스템과 비상 사이렌은 댐의 비상상황을 신속하게 전달하고 하류 주민의 안전을 확보하는 데 중요한 시설로, 관련 장비의 정상적인 작동을 위한 보수가 필요한 상황임.
- 저수지 내 부유 쓰레기 차단시설과 준설 관련 장비의 손상도 주요 관리 현안으로 제시되었으며, 관련 시설의 기능 회복을 통해 저수지 유지관리 업무를 원활히 수행할 필요가 있다고 설명함.
- 발표자료 전반에서는 댐 운영의 안정성을 유지하기 위해 구조물 보수, 계측·모니터링 장비의 기능 회복, 수문 운영설비 개선 및 비상대응시설 정비 등을 주요 보완사항으로 제시하고 있음.

2) 카리안댐 발표자료

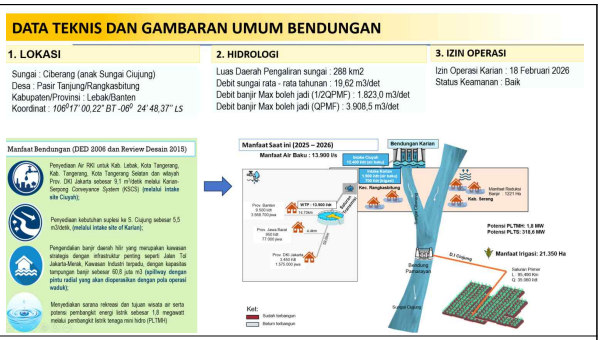
□ 일시: 2026. 10. 15.(목) 10:00~14:00

□ 장소: 카리안댐 운영관리조직(UPB) 사무소 내 회의실

□ 자료 사진



자료 사진(1)



자료 사진(2)

□ 자료 번역・요약

※ 인도네시아어로 작성된 현지 자료를 ChatGPT를 활용하여 한국어로 번역・요약한 후 작성자가 검수

① 카리안댐 개요 및 주요 시설 현황

○ 카리안댐(Karian Dam)은 인도네시아 반텐주 르박군(Lebak Regency)에 위치한 다목적댐으로, 원수 공급, 관개용수 공급, 홍수 조절 및 발전 등을 주요 목적으로 건설됨.

- 카리안댐은 반텐주 르박군 랑카스비퉁(Rangkasbitung) 지역의 파시르 탄중(Pasir Tanjung) 마을에 위치하며, 찌우중강(Ciujung River)의 지류인 찌브랑강(Ciberang River)에 건설됨.
- 댐의 운영・관리는 인도네시아 공공사업부 수자원청 산하 찌다나우-찌우중-찌두리안 대유역하천관리청(BBWS Cidanau Ciujung Cidurian) 소속 댐 운영관리조직(UPB 1)에서 담당하고 있음.
- 카리안댐은 2026년 2월 18일 운영허가를 취득하였으며, 현지 발표자료에서는 댐의 안전 상태를 '양호(Baik)'로 평가하고 있음.
- 댐의 주요 시설은 댐 본체, 여수로, 취수탑, 방류시설, 원수 공급시설, 계측장비 및 운영관리시설 등으로 구성되어 있음.

○ 카리안댐의 유역면적은 약 288㎢이며, 총저수용량은 약 3억 570만㎥ 규모로 계획되어 있음.

- 주요 수문학적 특성으로 연평균 하천 유량은 약 19.62㎥/초이며, 최대가능홍수량(PMF)은 약 3,908.5㎥/초, 발표자료상 1/2 PMF에 해당하는 홍수량은 약 1,823.0㎥

/초로 제시됨.
- 총저수용량은 약 3억 570만㎥, 유효저수용량은 약 2억 5,390만㎥, 사수용량은 약 1,636만㎥로 제시됨.
- 정상저수위는 EL. +67.50m, 저수위는 EL. +46.00m이며, 홍수위는 EL. +70.85m, 최고수위는 EL. +71.22m임.
- 댐 제정 표고는 EL. +72.50m이며, 저수지와 주요 시설의 배치도 및 댐 단면도를 통해 각 시설의 구조와 설계 수위를 제시하고 있음.

○ 카리안댐은 자카르타 수도권과 반텐주 일대의 원수 공급을 주요 목적으로 하며, 관개용수 공급과 홍수 조절, 발전 등의 기능도 수행하도록 계획되어 있음.
- 원수 공급 계획에는 반텐주와 자카르타 수도권 일부 지역에 대한 생활·산업용수 공급이 포함되며, 카리안-세르퐁 송수시스템(Karian-Serpong Conveyance System, KSCS)을 활용하는 방안이 제시됨.
- 발표자료에는 원수 공급 규모가 총 13,900L/초로 제시되어 있으며, 찌우야(Ciuyah) 취수시설을 통한 12,400L/초와 카리안 취수시설을 통한 1,500L/초로 구분됨.
- 관개용수 공급 대상 면적은 약 21,350ha이며, 찌우중강 하류지역의 농업용수 공급을 지원하는 기능도 계획되어 있음.
- 이외에도 하류지역의 홍수피해 저감과 소수력발전, 태양광발전 및 관광·휴양 기능 등이 댐의 주요 활용계획으로 제시됨.
- 다만 원수 공급과 관련한 일부 취수·송수시설은 아직 건설이 완료되지 않아, 발표자료에 제시된 계획상 공급 규모가 실제로 모두 운영되고 있는 것은 아님.

② 댐 운영관리 체계 및 저수지 운영 방식

○ 카리안댐은 관련 법령과 운영관리 지침에 따라 댐 운영, 유지관리 및 안전점검 업무를 수행하고 있으며, 사업 단계별로 시설의 관리 주체와 역할을 구분하고 있음.
- 인도네시아 공공사업부의 댐 관련 규정인 「공공사업주택부 장관령 제27/PRT/M/2015호」를 기반으로 댐의 계획·건설·운영·유지관리 절차를 관리하고 있음.
- 댐 관리체계는 건설 준비 및 시공, 초기 담수, 시설 인계 및 운영·유지관리 단계로 구분되며, 시설 준공과 운영관리 이관 절차에 따라 담당 기관의 역할이 달라짐.

- 카리안댐과 신당헤울라댐(Sindangheula Dam)은 UPB 1 조직의 관리 대상이며, 조직 내 운영 담당자와 유지관리 담당자를 구분하여 관련 업무를 수행하고 있음.
- 주요 업무는 댐 및 저수지 운영, 계측자료 수집·분석, 시설물 유지관리, 정기 안전점검, 주변 지역 관리 등으로 구성되어 있음.

ㅇ 카리안댐의 저수지 운영은 정상 운영, 홍수기 운영 및 비상 운영의 3가지 유형으로 구분됨.
- 정상 운영(Normal Operation)은 연간 저수지 운영계획(RTOW, Rencana Tahunan Operasi Waduk)에 따라 용수 공급 등 저수지의 일상적인 기능을 수행하는 것을 의미함.
- 홍수기 운영(Flood Operation)은 우기 중 강우와 하천 유입량 증가에 따라 저수위가 변동하는 상황에 대비하여 방류량과 수문 운영을 조절하는 방식임.
- 비상 운영(Emergency Operation)은 댐의 안전이나 구조적 건전성을 위협하는 상황이 발생하였을 때 저수위를 낮추는 등 긴급한 조치를 수행하는 것을 의미함.
- 발표자료에는 방사형 수문(Radial Gate)과 중공 제트밸브(Hollow Jet Valve)의 실제 운영 사례가 제시되어 있으며, 이를 활용하여 저수지 수위와 방류량을 관리하고 있음.

ㅇ 카리안댐은 연간 저수지 운영계획에 따라 계절별 강우 특성과 유입량을 고려한 저수위 관리 기준을 설정하고 있음.
- 발표자료에서는 2025~2030년 저수지 운영계획을 제시하고 있으며, 습윤기·평년·건조기 등 강우 조건에 따라 저수위 운영 패턴을 구분하고 있음.
- 저수위 운영계획은 월별 또는 약 15일 단위로 구분되어 있으며, 각 기간의 정상 운영 수위와 상·하한 수위 등을 설정하고 있음.
- 정상저수위는 EL. +67.50m, 최저 운영 수위는 EL. +46.00m를 기준으로 하며, 계절별 수문 조건에 따라 목표 수위를 달리 적용하고 있음.
- 또한 실제 저수위와 연간 운영계획상 목표 수위를 비교하고, 홍수 발생 시 방류시설의 운영 여부와 개방 수준을 결정하기 위한 기준을 활용하고 있음.

③ 주요 취수·방류시설과 수리기계설비 현황

ㅇ 카리안댐의 주요 수리기계설비는 카리안 취수시설, 찌우야 취수시설, 여수로 및 방류시설 등으로 구성되어 있으며, 시설별로 용수 공급과 홍수 조절 기능을 수행하도록 계획되어 있음.

- 카리안댐 현장에는 홍수 조절을 위한 수문식 여수로와 관개용수 공급을 위한 취수시설이 설치되어 있음.
- 찌우야 지역에는 원수 공급을 위한 별도의 취수탑과 송수시설이 계획되어 있으며, 카리안-세르퐁 송수시스템과 연계하여 용수를 공급하도록 설계됨.
- 카리안댐의 수문 및 취수시설은 일부 운영되고 있으나, 발표자료 작성 시점에는 관련 공사의 잠정 인계(PHO)가 완료되지 않아 일부 시설의 운영·유지관리 책임이 건설 및 시공 담당 기관에 남아 있는 것으로 설명됨.
- 주요 시설의 상태는 대체로 양호하고 운영 가능한 수준으로 제시되었으나, 원격제어 기능 등 일부 설비에 대해서는 추가적인 보완이 필요한 것으로 설명됨.

○ 카리안 취수탑은 수위에 따라 취수 위치를 선택할 수 있는 선택취수(Selective Water Intake) 방식으로 설계되어 있음.
- 카리안 취수탑에는 총 4개의 고정식 휠 게이트(Fixed Wheel Gate)가 설치되어 있으며, 각 수문의 크기는 폭 2.5m, 높이 2.5m임.
- 각 수문은 서로 다른 표고에 설치되어 있어 저수지 수위와 취수 조건에 따라 적절한 위치에서 물을 취수할 수 있도록 설계됨.
- 수문은 현장 제어(Local Control)와 원격제어(Remote Control)가 모두 가능하도록 설계되어 있으며, 전동식 작동장치를 활용하는 구조임.
- 카리안 방류시설에는 직경 2m의 중공 제트밸브가 설치되어 있으며, 관개용수 보충 및 원수 공급 등에 활용하도록 계획되어 있음.

○ 찌우야 취수시설은 카리안-세르퐁 송수시스템과 연계하여 원수를 공급하기 위한 시설로, 관련 송수설비의 설치가 진행 중임.
- 찌우야 취수탑은 저수지 우안에 위치하며, 직경 약 6m의 독립형 취수탑으로 설계되어 있음.
- 취수탑에는 4개의 강재 롤러게이트가 설치되어 있으며, 각 수문의 크기는 폭 3.0m, 높이 3.0m로 제시됨.
- 방류부에는 직경 2.3m의 버터플라이 밸브(Butterfly Valve) 2개가 설치되며, 약 1.2km 길이의 터널을 통해 부스터 펌프와 연결되도록 계획되어 있음.
- 관련 공사에는 버터플라이 밸브, 부스터 펌프 및 약 47km의 송수관로 설치가 포함되어 있으며, 발표자료상 2025년 말 계약을 체결하여 2027년 완공을 목표로 하고 있음.
- 따라서 발표자료 작성 시점에는 찌우야 취수시설을 활용한 원수 공급체계가 완

전히 구축된 상태는 아닌 것으로 파악됨.

ㅇ 카리안댐의 여수로는 방사형 수문을 활용하여 홍수기 방류량을 조절하도록 설계되어 있으며, 수문 제어시설의 시험운전과 보완작업이 진행되고 있음.
- 여수로에는 강재 방사형 수문(Radial Gate) 2개가 설치되어 있으며, 각 수문의 폭은 약 12.5m, 높이는 약 15.0m임.
- 수문은 현장 제어와 원격제어가 모두 가능하도록 설계되어 있으며, 통제실에서 수문과 밸브의 개폐 상태를 확인하고 조작할 수 있는 시설을 갖추고 있음.
- 발표자료에는 수문 제어실과 관련 제어장비의 사진이 제시되어 있으며, 일부 설비는 시험운전 단계이고 공사의 잠정 인계가 완료되지 않은 상태로 설명됨.
- 현지 측은 수문 제어시설의 기본적인 운영은 가능하지만 원격제어 기능을 보다 안정적으로 활용하기 위해 일부 개선작업이 필요하다고 설명함.

④ 댐 유지관리 및 안전 모니터링 체계

ㅇ 카리안댐은 2025년 수립된 운영·유지관리 지침에 따라 일상적인 시설관리와 정기점검을 수행하고 있으며, 댐 본체와 부속시설의 기능을 유지하기 위한 유지관리 활동을 실시하고 있음.
- 유지관리 활동은 일상적 유지관리(Routine Maintenance)와 주기적 유지관리(Periodic Maintenance)로 구분되어 있으며, 일상적 유지관리는 매일·매주·매월 등의 주기에 따라 실시함.
- 주요 업무에는 댐 관리구역 및 사무시설의 청소, 시설 주변의 제초작업, 조경 및 수목관리, 시설물 상태 확인 등이 포함됨.
- 주기적 유지관리는 일정한 주기 또는 시설의 상태에 따라 수행하며, 손상된 시설의 기능을 회복하고 장기적인 안전성을 유지하기 위한 보수작업 등을 포함함.
- 발표자료에는 실제 제초작업과 시설 청소, 주변 환경관리 활동을 수행하는 사진이 제시되어 있음.

ㅇ 카리안댐 관계자는 유지관리 업무 수행 과정에서 일부 장비의 부족으로 어려움이 발생하고 있다고 설명함.
- 저수지 수면에 발생하는 부유 쓰레기를 제거하기 위한 중장비가 부족하여 저수지 내 쓰레기 수거작업에 어려움이 있다고 밝힘.
- 또한 댐 관리구역 전체의 조경수와 식생을 관리하는 데 필요한 살수차가 없어 식생 유지관리에 어려움이 있다고 설명함.

- 이러한 장비 부족은 저수지와 주변 시설의 일상적인 환경관리 업무를 수행하는 데 주요 제약요인으로 제시됨.

ㅇ 카리안댐은 저수위 관측, 육안점검 및 계측장비를 활용한 안전 모니터링을 병행하여 댐의 운영 상태와 주요 안전관리 지표를 확인하고 있음.
- 주요 모니터링 활동은 ① 저수위 관측, ② 정기 육안점검, ③ 계측장비를 활용한 댐 상태 점검으로 구분됨.
- 저수위 관측을 통해 저수지의 운영 상태와 수위 변동을 확인하고, 육안점검을 통해 댐 본체 및 주요 시설의 균열, 누수, 변형 등 이상징후를 점검함.
- 또한 간극수압계, 경사계, 누수량 측정장비, 지하수위 관측시설 등 다양한 계측장비를 활용하여 댐의 내부 상태와 구조적 변화를 확인하고 있음.
- 발표자료에는 주요 계측장비의 설치 현황과 실제 계측작업 사진이 제시되어 있으며, 계측자료를 활용한 안전관리 활동을 수행하고 있음을 설명함.

ㅇ 카리안댐은 웹 기반 원격계측(Telemetry) 시스템을 활용하여 주요 지점의 저수위와 현장 상황을 실시간으로 확인하고 있음.
- 댐의 안전관리와 원활한 운영을 위해 웹 기반 실시간 저수위 모니터링 시스템을 구축하였으며, 관련 시스템을 통해 온라인으로 주요 자료를 확인할 수 있다고 설명함.
- 수위 관측은 총 9개 지점의 수위계(Water Level Gauge, WLG)를 활용하여 수행하며, 주요 관측지점에는 CCTV도 설치되어 있음.
- 주요 관측지점은 하천 구간, 교량, 취수시설 및 댐 주변 지역 등에 분포하고 있으며, 발표자료에는 각 지점의 계측자료와 현장 영상이 통합적으로 표시되는 시스템 화면이 제시됨.
- 이외에도 저수지, 댐 하류부 및 출입구 등 주요 위치에 추가 CCTV 5대를 설치하여 현장 상황을 확인하고 있으며, 스마트폰 애플리케이션을 통한 영상 확인 기능도 운영하고 있음.

⑤ 주요 계측장비 운영 및 댐 안전성 평가

ㅇ 카리안댐은 간극수압계(Piezometer)를 활용하여 댐 기초부와 제체 내부의 수압 변화를 확인하고 있으며, 발표자료에서는 주요 계측값이 허용 범위 내에 있는 것으로 평가함.
- 기초부 간극수압계의 계측 결과, 초기 담수(Impounding)에 따른 수압 변화에 계

측장비가 정상적으로 반응하고 있는 것으로 확인됨.
- 그라우팅 차수막(Curtain Grouting)의 상·하류 측에서 간극수압의 차이가 나타나고 있으며, 이를 통해 차수막이 기능하고 있는 것으로 평가함.
- 계측된 간극수압은 안전율 1.0 및 1.5를 적용한 안정성 해석 결과의 허용 수준보다 낮은 것으로 나타났으며, 이에 따라 댐의 상태를 정상으로 평가함.
- 댐 성토부에 설치된 간극수압계도 담수에 따른 수압 변화에 정상적으로 반응하고 있으며, 주요 계측값이 안정성 평가상 허용 범위 내에 있다고 설명함.

○ 경사계(Inclinometer)를 활용한 댐 내부 변위 관측 결과, 초기 담수 과정에서 발생한 변위는 제한적인 수준으로 제시됨.
- 경사계 관측자료에 따르면 초기 담수 과정에서 가장 큰 변위는 깊이 약 30m 지점에서 하류 방향으로 발생한 약 0.02m(2cm)임.
- 발표자료에서는 경사계 관측 결과를 활용하여 댐 내부의 수평 변위와 변형 상태를 확인하고 있음.
- 또한 2022~2025년 변위 관측점(Displacement Marker)의 자료를 분석한 결과, 대부분의 측정값이 댐 높이의 1% 이내 범위에 있는 것으로 나타남.
- 현지 측은 이러한 계측 결과를 바탕으로 카리안댐의 현재 구조적 상태가 안전한 수준이라고 평가함.

○ V-notch를 이용한 누수량 모니터링이 이루어지고 있으나, 관측시설의 유지관리와 계측값의 정확도 확보를 위한 보정이 필요한 것으로 제시됨.
- 카리안댐은 V-notch를 활용하여 주요 지점의 누수량을 관측하고 있으며, 관련 계측자료는 원격계측시스템과 연계되어 있음.
- 다만 관측시설에서 배수 흐름이 막히거나 역류(Backwater)가 발생하는 문제가 나타나고 있어 정기적인 청소와 관리가 필요한 것으로 설명함.
- 또한 계측자료의 정확도를 확보하기 위해 V-notch 계측시설에 대한 재보정(Calibration)이 필요하다고 밝힘.
- 이는 댐의 누수량을 지속적으로 정확하게 측정하고, 측정값의 변화를 바탕으로 이상징후를 판단하기 위한 관리 필요사항으로 제시됨.

○ 카리안댐은 지진 발생 이후 계측자료와 육안점검을 통해 시설의 이상 여부를 확인하고 있으며, 발표자료에 제시된 점검 사례에서는 댐 본체의 주요 손상이 확인되지 않음.

- 지진 발생 이후 주요 계측장비의 측정값과 관측자료를 점검한 결과, 지진 전후에 유의미한 계측값의 변화가 확인되지 않았다고 설명함.
- 또한 지진 이후 주요 계측장비의 손상이나 기능 이상도 확인되지 않았으며, 현장 육안점검에서도 댐 본체의 뚜렷한 구조적 손상은 발견되지 않았다고 밝힘.
- 다만 강진동계(Strong Motion Accelerograph)에서 해당 지진에 따른 진동이 기록되지 않아, 실제 진동의 크기와 전파 특성을 확인하는 데 한계가 있었다고 설명함.
- 한편 V-notch 접근도로 주변의 사면에서 산사태 흔적이 확인되었으나, 해당 사면 손상은 지진 발생 이전부터 존재하던 것으로 설명함.
- 종합적으로 현지 측은 지진 이후 계측자료와 현장점검 결과를 바탕으로 댐의 주요 시설과 계측장비가 정상적인 상태를 유지하고 있다고 평가함.

⑥ 저수지 수질·퇴적물 및 주변 환경관리 현황

○ 카리안댐은 저수지 및 주요 하천 구간에 대한 수질검사를 실시하고 있으며, 2025년 하반기 수질검사 결과에서는 조사 대상 항목이 관련 수질기준을 초과하지 않은 것으로 제시됨.
- 수질검사는 카리안댐 건설 감리기관을 통해 실시되었으며, 찌브랑강과 카리안 저수지 내 총 4개 지점을 대상으로 수행됨.
- 주요 수질검사 항목에는 수온, 부유물질, 용존산소, 생화학적 산소요구량(BOD), 화학적 산소요구량(COD) 및 기타 수질 관련 항목 등이 포함됨.
- 발표자료에 따르면 2025년 하반기 수질검사에서 분석된 주요 항목 중 관련 기준을 초과한 항목은 확인되지 않음.
- 다만 2025년 상반기에는 식수 공급을 위한 용수 활용이 본격적으로 이루어지지 않아 질소·인·칼륨 등 영양염류와 농약 관련 항목에 대한 별도의 검사는 수행되지 않았다고 설명함.
- 해당 수질검사 결과는 카리안댐 2025년 하반기 환경관리·모니터링 보고서(RKL-RPL)를 근거로 제시됨.

○ 카리안댐은 2025년 말 저수지 수심측량(Bathymetry)을 실시하였으며, 당시 조사에서는 뚜렷한 저수지 퇴적·천수화 현상이 확인되지 않은 것으로 제시됨.
- 저수지 수심측량은 2025년 말 카리안댐 주변 지역의 구역 설정 및 관리계획 수립 과정에서 실시됨.
- 해당 조사에서는 저수지의 뚜렷한 퇴적에 따른 수심 감소 현상이 발견되지 않은

것으로 설명함.
- 다만 수심측량과 별개로 퇴적물에 대한 독립적인 정밀조사는 아직 시행되지 않았다고 밝힘.
- 따라서 제시된 결과는 수심측량을 바탕으로 한 현황이며, 퇴적물의 성분이나 장기적인 퇴적 추세에 대한 별도의 분석 결과는 포함되어 있지 않음.

ㅇ 카리안댐의 저수지 주변에서는 수몰 식생과 부유 쓰레기 등으로 인한 환경관리 문제가 발생하고 있음.
- 상류 찌브랑강에서 유입되는 영양물질 등으로 인해 저수지 내 수생잡초가 확산되는 현상은 현재까지 확인되지 않았다고 설명함.
- 그러나 저수지 담수 과정에서 기존 식생이 수몰되었으며, 이로 인해 댐 하류지역에서 불쾌한 냄새가 발생하는 문제가 있다고 밝힘.
- 이러한 악취 문제는 초기 담수 당시보다 완화되었으나, 현재까지 일부 지역에서 지속되는 것으로 설명함.
- 또한 저수지 상류의 일부 토지수용 완료 지역에서는 수몰 이전의 식생과 쓰레기가 충분히 제거되지 않은 것으로 나타남.
- 특히 수카자야(Sukajaya)와 수카라메(Sukarame) 마을 주변 지역에 미처리 식생과 쓰레기가 남아 있는 사례가 제시되어, 관련 지역의 환경정비 필요성이 언급됨.

⑦ 저수지 주변 지역관리 및 주민 생계 관련 현황

ㅇ 카리안댐 건설과 저수지 담수로 인해 일부 지역 주민의 기존 농업활동 및 소득원이 감소하였으며, 이를 보완하기 위한 저수지 주변 지역의 활용방안이 검토되고 있음.
- 댐 건설 이전 저수지 수몰 예정 지역에서는 농업활동과 대나무 채취 등이 이루어졌으며, 관련 활동을 통해 소득을 얻는 주민들이 있었음.
- 발표자료에 따르면 수몰로 영향을 받은 주민 중 상당수는 농지 소유자가 아니라 농작물의 파종과 수확 과정에서 노동력을 제공하던 농업노동자였으며, 농경지 수몰로 인해 기존 소득원을 잃게 되었다고 설명함.
- 또한 일부 주민들은 수몰지역 내 대나무를 공동으로 채취·판매하거나, 대나무를 이용한 생활용품 및 수공예품을 제작하여 소득을 얻고 있었음.
- 저수지 담수 이후 이러한 활동이 제한되면서 일부 주민들은 수몰되지 않은 지역에서 대나무를 채취하거나, 대체 원료로 야자나무 잎줄기 등을 활용하고 있으나 대체 원료의 공급에도 한계가 있다고 설명함.

○ 인도네시아 측은 저수지 주변 지역의 체계적인 공간관리와 대체 소득원 확보를 위해 관광·수상교통 및 녹지지역 활용 등을 검토하고 있음.

- 2025년 수립된 카리안댐 주변 지역 관리계획에서는 저수지 주변의 토지이용을 용도별로 구분하고, 보전과 활용이 가능한 구역을 설정하는 방안을 제시함.
- 주요 활용방안에는 관광구역 조성, 수상교통 구역 지정, 저수지 주변 녹지대(Greenbelt)에서 허용되는 식생 재배 및 관리 등이 포함됨.
- 이러한 계획은 저수지 주변 지역의 질서 있는 개발과 시설 안전을 확보하는 동시에 지역 주민에게 새로운 경제활동 기회를 제공하기 위한 방안으로 제시됨.
- 다만 발표자료에 제시된 내용은 향후 지역관리 및 활용계획으로, 관련 시설이나 대체 소득사업이 모두 시행된 것으로 확인되지는 않음.

- 카리안댐은 댐 시설과 저수지의 안전한 관리를 위해 핵심 관리구역(Core Zone) 및 주변 활용구역을 구분하여 관리하는 방안을 제시하고 있음.
- 핵심 관리구역(Zona Inti)은 댐 본체와 주요 수리시설, 안전관리시설 등이 위치한 구역으로, 시설 운영과 안전 확보를 우선하는 지역임.
- 핵심 관리구역에서는 댐의 운영과 안전관리에 필요한 활동을 제외한 일반적인 토지이용과 시설 접근을 제한하는 방향으로 관리하고 있음.
- 발표자료에는 댐 관리시설, 접근도로, 주차장, 관광시설 및 주변 공간의 활용 현황이 제시되어 있으며, 구역별 허용 활동과 시설 이용 기준을 설정하는 방안이 포함됨.
- 이러한 구역 설정은 댐 시설의 안전성을 확보하면서 주변 지역의 관광 및 경제활동을 관리하기 위한 계획으로 설명됨.

⑧ 2026년 댐 운영성과 평가 결과

○ 카리안댐의 2026년 운영성과 평가 결과, 물리적 시설·환경, 운영·서비스, 계측·점검, 조직·제도 등 4개 평가 영역에서 모두 '양호(Baik)' 등급을 받은 것으로 제시됨.

- 물리적 시설 및 환경 영역의 평가점수는 85.33점으로, 댐 본체와 부속시설의 물리적 상태 및 저수지 주변 환경관리 수준 등을 종합하여 평가함.
- 운영 및 서비스 영역은 81.41점으로, 저수지 운영과 용수 공급 등 서비스 제공, 비상행동계획(RTD/EAP) 등을 평가함.
- 계측 및 점검 영역은 94.41점으로 4개 평가 영역 중 가장 높은 점수를 받았으며,

계측장비 운영과 안전점검 수행 수준을 평가함.
- 조직 및 제도 영역은 80.11점으로, 관리조직 운영, 인적자원, 업무 수행체계 및 지원시설 등을 종합적으로 평가함.

○ 물리적 시설 및 환경 영역에서는 댐 본체와 주요 수리시설의 상태가 전반적으로 양호하게 평가됨.
- 해당 영역은 댐 본체, 취수시설, 방류시설, 여수로 등의 물리적 상태와 저수지 환경, 주변 지역관리 등의 세부 항목으로 구성됨.
- 평가 결과를 종합한 점수는 85.33점으로, 주요 시설의 물리적 상태와 환경관리 수준이 양호한 것으로 평가됨.
- 다만 현지 발표자료에서는 수몰 식생과 부유 쓰레기 처리, 일부 계측시설의 보정 및 관리 필요사항도 제시하고 있어, 양호한 평가 결과와 별개로 일부 운영·유지관리상의 개선 수요가 존재함.

○ 운영 및 서비스 영역에서는 저수지 운영과 용수 공급, 비상대응체계 등을 평가하였으며, 종합점수는 81.41점으로 나타남.
- 저수지 운영 관련 세부 평가점수는 86.75점이며, 용수 공급 등 서비스 제공 항목은 78.13점으로 평가됨.
- 비상행동계획(RTD/EAP) 관련 평가점수는 73.00점으로 제시되었으며, 종합적으로 운영 및 서비스 영역은 양호 등급을 받음.
- 다만 일부 원수 공급시설이 아직 완공되지 않은 상황임을 고려할 때, 해당 평가는 발표자료의 평가체계에 따른 결과이며 모든 계획된 용수 공급 기능의 완전한 가동을 의미하지는 않음.

○ 계측·점검 영역은 94.41점으로 가장 높게 평가되었으며, 조직 및 제도 영역은 80.11점으로 양호한 수준을 보임.
- 계측 및 점검 영역은 계측장비 운영 부문 88.83점, 안전점검 부문 100.00점으로 평가되어 종합점수 94.41점을 기록함.
- 조직 및 제도 영역에서는 조직 강화, 인적자원 관리, 댐 운영관리 절차, 지원시설 및 기반시설 등을 평가함.
- 조직 및 제도 영역의 종합점수는 80.11점이며, 세부 항목별로 약 78~81점 수준의 평가점수가 제시됨.
- 전반적으로 카리안댐은 주요 시설의 안전 상태와 계측·점검 수행 수준이 양호

하게 평가되었으며, 특히 계측 및 안전점검 영역에서 상대적으로 높은 평가점수를 받은 것으로 나타남.

⑨ 발표자료 주요 내용 종합

○ 카리안댐은 2026년 운영허가를 취득한 신규 댐으로, 댐의 기본적인 운영·안전관리 체계와 주요 계측시설이 갖추어져 있으며, 운영성과 평가에서도 전반적으로 양호한 수준으로 평가됨.

- 카리안댐은 원수 공급과 관개용수 공급, 홍수 조절 등을 주요 목적으로 건설되었으며, 연간 저수지 운영계획과 관련 운영·유지관리 지침에 따라 주요 시설을 관리하고 있음.
- 2026년 운영성과 평가에서는 4개 영역 모두 양호 등급을 받았으며, 특히 계측 및 안전점검 영역의 평가점수가 94.41점으로 가장 높았음.
- 주요 간극수압계와 경사계 등 계측자료를 활용한 안전성 검토 결과에서도 댐의 상태가 정상 또는 안전한 수준인 것으로 평가됨.

○ 다만 원수 공급을 위한 일부 시설이 아직 완공되지 않았으며, 원격제어와 계측시설의 유지관리 등에서도 일부 개선이 필요한 상황임.

- 카리안-세르퐁 송수시스템과 연결되는 취수·송수시설은 2027년 완공을 목표로 설치가 진행되고 있어, 계획된 원수 공급 기능이 모두 운영되고 있는 것은 아님.
- 일부 수리기계설비는 시험운전 및 시설 인계 단계에 있으며, 원격제어 기능의 안정적인 운영을 위한 개선이 필요한 것으로 제시됨.
- V-notch 계측시설의 재보정과 배수로 관리 등 일부 계측시설의 정확도 및 유지관리 관련 보완사항도 확인됨.

○ 카리안댐은 웹 기반 실시간 모니터링 시스템을 활용하고 있으며, 향후 계측자료의 정확성과 활용 수준을 지속적으로 확보하는 것이 중요한 관리 과제로 제시됨.

- 주요 저수위 관측지점과 CCTV를 연계한 실시간 모니터링 시스템이 구축되어 있어 현장 수위와 주요 시설 상태를 확인할 수 있음.
- 간극수압계, 경사계, 누수량 관측시설 등 주요 계측장비를 통해 댐 내부 상태와 구조적 변화를 확인하고 있으며, 이를 활용하여 시설의 안전성을 평가하고 있음.
- 다만 일부 관측시설의 보정과 정기적인 유지관리가 필요하며, 지진 발생 시 진동을 기록하지 못한 사례도 제시되어 있어 계측체계의 지속적인 점검과 보완이

필요한 상황임.

ㅇ 저수지 환경관리 측면에서는 수몰 식생, 부유 쓰레기 및 주변 지역의 토지이용 문제가 주요 관리사항으로 제시되었으며, 지역 주민의 생계와 연계한 공간관리 방안도 검토되고 있음.

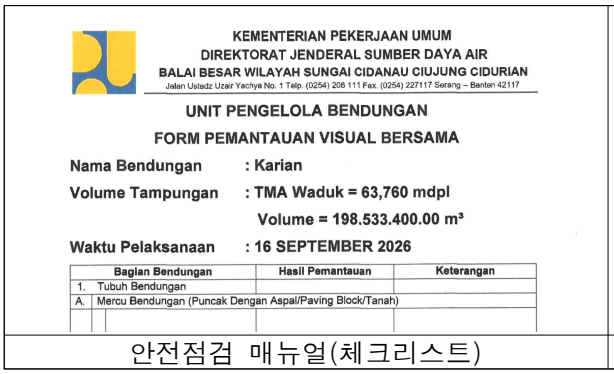
- 저수지 담수에 따른 수몰 식생과 악취, 상류지역의 미처리 식생과 쓰레기 등이 주요 환경관리 문제로 제시됨.
- 2025년 말 수심측량에서는 뚜렷한 퇴적 문제가 확인되지 않았으나, 별도의 퇴적물 정밀조사는 수행되지 않은 것으로 설명됨.
- 또한 댐 건설과 담수로 영향을 받은 지역 주민의 생계 문제를 고려하여 관광, 수상교통 및 녹지대 활용 등 저수지 주변 지역의 관리·활용계획을 수립하고 있음.
- 발표자료 전반에서는 카리안댐의 안전한 운영을 위한 계측·모니터링 체계 유지, 미완공 시설의 완공 및 운영 안정화, 저수지 환경관리와 주변 지역의 체계적인 관리 등을 주요 과제로 제시하고 있음.

3) 카리안댐 안전점검 매뉴얼 및 결과보고서

□ 일시: 2026. 10. 15.(목) 10:00~14:00

□ 장소: 카리안댐 운영관리조직(UPB) 사무소 내 회의실

□ 자료 사진



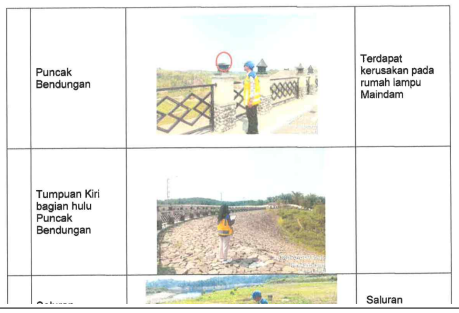
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI CIDANAU CIUJUNG CIDURIAN
Jalan Ustadz Uzair Yachya No. 1 Telp. (0254) 208 111 Fax. (0254) 227117 Serang – Banten 42117

UNIT PENGELOLA BENDUNGAN
FORM PEMANTAUAN VISUAL BERSAMA

Nama Bendungan : Karian
Volume Tampungan : TMA Waduk = 63,760 mdpl
Volume = 198.533.400.00 m³
Waktu Pelaksanaan : 16 SEPTEMBER 2026

Bagian Bendungan	Hasil Pemantauan	Keterangan
1. Tubuh Bendungan		
A. Mercu Bendungan (Puncak Dengan Aspal/Paving Block/Tanah)		

안전점검 매뉴얼(체크리스트)



안전점검 결과보고서

□ 자료 번역・요약

※ 인도네시아어로 작성된 현지 자료를 ChatGPT를 활용하여 한국어로 번역・요약한 후 작성자가 검수

○ 현지에서 제공받은 카리안댐 안전점검 자료는 댐 운영관리조직(UPB)이 2026년 9월 16일 실시한 정기 육안점검 관련 자료로, 안전점검 매뉴얼 상의 체크리스트와 실제 점검 결과를 기록한 보고서로 구성되어 있음. 체크리스트는 댐 본체, 여수로, 수리기계설비, 계측장비 및 부속시설 등의 상태와 이상징후 발생 여부를 항목별로 확인하는 양식이며, 점검 결과보고서는 현장에서 확인된 시설 상태와 손상・고장 내용을 사진과 함께 기록한 자료임.

① 카리안댐 안전점검 체크리스트 구성 및 주요 점검 항목

○ 카리안댐은 댐 본체와 주요 수리시설, 계측장비 및 부속시설 등을 대상으로 표준화된 체크리스트를 활용한 육안 안전점검을 실시하고 있음.

- 현지에서 제공한 「합동 육안점검표(Form Pemantauan Visual Bersama)」는 댐 시설을 9개 대항목으로 구분하고, 시설별 세부 점검 항목과 이상징후 발생 여부를 확인하도록 구성되어 있음.
- 주요 점검 방식은 점검 담당자가 현장에서 시설 상태를 육안으로 확인한 후, 점검 항목별로 손상 여부와 상태를 기록하고 이상징후가 발견된 경우 구체적인 내용을 추가로 기재하는 방식임.
- 또한 시설별 사진을 촬영하여 점검 위치, 시설 상태 및 발견된 문제점을 별도의 사진 기록자료로 관리하고 있음. 제공된 점검자료는 2026년 9월 16일 실시한 점검 결과를 포함하고 있음.

○ (댐 본체) 댐 제정, 상·하류 사면, 사석 보호층, 침투수 및 댐 양측 접합부 등을 대상으로 시설의 구조적 손상과 이상징후 발생 여부를 점검함.

- 댐 제정의 균열·침하·변위 및 배수시설 상태, 상·하류 사면의 균열·침식·침하·식생 상태, 사석 보호층의 풍화·이탈 여부, 침투수 발생 여부와 댐 접합부의 변형 및 손상 여부 등을 확인함.

○ (여수로) 여수로의 주요 구조물과 방류시설을 대상으로 균열, 침식 및 누수 등 시설 손상 여부와 정상적인 운영 가능 여부를 점검함.

- 여수로 월류부, 유입·방류수로, 수로 벽체, 급경사수로, 감세지 및 주변 시설을 대상으로 마모·침식·공동현상(Cavitation)·균열·누수 여부 등을 확인하고, 수문 작동 방식과 비상 운영 가능 여부 등을 점검함.

○ (댐 하류부) 댐 하류 및 기초부 주변에서 발생할 수 있는 침투수, 토사 유실 및 지반 이상징후를 점검함.

- 댐 하류 기초부와 주변 지역을 대상으로 침식, 비정상적인 용출수, 지반의 습윤 상태 및 기타 이상징후 발생 여부 등을 확인함.

○ (댐 접합부 주변 사면) 댐 본체와 주변 지형이 연결되는 접합부 및 인근 사면의 안정성을 점검함.

- 접합부 주변 사면의 침하, 지반 이동, 균열, 단층 및 산사태 발생 흔적 등을 확인하여 주변 지반의 이상 여부를 점검함.

○ (수리기계설비 및 관련 시설) 취수시설, 수문·밸브 등 기계설비, 방류시설, 터널 및 저수지 주변 시설의 상태와 운영 기능을 점검함.

- 취수시설과 방류시설의 균열·침식·누수·접합부 상태, 수문 및 밸브의 작동 상태와 비상 운영 가능 여부, 터널 및 배수시설의 손상·퇴적 여부 등을 확인함.
- 또한 저수지 내 퇴적물 발생 여부와 하류 하천의 사면 침식·산사태, 주변 식생 및 시설 운영에 영향을 미칠 수 있는 환경적 요인 등을 점검함.

○ (진입도로) 댐 운영 및 유지관리를 위한 진입도로의 손상 여부와 접근성을 점검함.

- 진입도로의 포장 상태, 균열 및 기타 손상 여부 등을 확인하고, 시설 점검과 유

지관리 작업을 위한 접근에 문제가 있는지 점검함.

○ (Early Release 시설) 조기 방류 관련 시설의 손상 발생 여부와 위치 등을 점검함.
- 해당 시설의 손상 여부와 발생 위치를 확인하는 항목으로 구성되어 있으며, 제공된 체크리스트에는 세부적인 운영 성능 평가 항목은 제시되지 않음.

○ (부속・지원시설) 댐 운영관리사무소와 현장 근무시설, 각종 지원시설의 유지관리 상태를 점검함.
- 운영관리사무소, 경비시설, 직원 숙소, 실험실, 장비 창고, 작업장, 식당 및 기타 편의시설 등을 대상으로 건물의 누수・균열・마감재 손상과 시설물 관리 상태 등을 확인함.

○ (기타 시설 및 계측장비) CCTV, 전기설비, 주요 계측장비 및 저수지 부속시설의 정상 작동 여부와 관리 상태를 점검함.
- 간극수압계(Piezometer), 토압계(Earth Pressure Cell), 기상관측시설, 지진계, 경사계(Inclinometer), 침하계, 지하수위 관측시설, V-notch 등 주요 계측장비의 기능과 자료 수집 가능 여부 등을 확인함.
- 특히 원격계측 가능 여부와 수동 측정 필요성, 계측기 고장 및 접근성 문제 등을 확인하며, CCTV와 전기설비, 부유 쓰레기 차단시설 등 기타 시설의 운영 상태도 함께 점검함.

② 카리안댐 안전점검 주요 결과

○ 2026년 9월 16일 실시한 카리안댐 안전점검에서는 댐 본체와 주요 수리시설, 계측장비 및 부속시설의 상태를 육안으로 확인하였으며, 점검 항목별 이상징후와 시설 손상 현황을 사진과 함께 기록함.
- 댐 본체와 여수로 등 주요 시설은 전반적으로 양호한 상태로 기록되었으나, 댐 제정 일부 구간의 침하와 보도블록 손상, 사석 보호층의 이탈, 배수로 내 식생 및 퇴적물 축적 등이 확인됨.
- 또한 V-notch 접근도로 주변의 사면 붕괴, 일부 부댐(Saddle Dam)에서의 사석 이탈과 배수 불량, 방류시설 벽면 및 터널 내 누수 흔적 등 시설별 보수와 유지관리가 필요한 사항을 기록함.

○ 계측장비 점검에서는 일부 장비의 고장과 원격계측 기능의 제한이 확인되었으며, 주요 계측시설의 유지관리 및 접근성 개선 필요성이 제시됨.

- 일부 간극수압계와 토압계, 지진계 및 경사계에서 고장이나 측정 기능의 문제가 확인되었으며, 일부 기상관측 및 계측자료는 원격 수집이 어려워 수동으로 측정하고 있다고 기록함.
- 또한 관측시설 주변의 식생으로 인한 접근 제한과 일부 관측지점의 진입도로 부재, 강우 시 침수 문제 등이 확인되어 계측장비의 정상적인 운영과 지속적인 자료 수집을 위한 개선이 필요한 것으로 나타남.

○ 이번 점검자료는 시설별 이상징후와 유지관리 필요사항을 체계적으로 기록하고 있으나, 댐 전체의 구조적 안전성을 종합적으로 판정하는 정밀안전진단 보고서와는 구분됨.

- 제공된 자료는 체크리스트에 따른 육안점검 결과와 현장 사진을 중심으로 구성되어 있으며, 이상징후의 발생 위치와 상태를 기록하는 데 중점을 두고 있음. 다만 발견된 손상의 위험도에 대한 정량평가나 댐 전체의 안전등급을 산정한 결과는 포함되어 있지 않음.