



2012년 해외 수자원현장 시찰 - 중국 삼협댐 및 장강수리연구소 -



한 건 연
경북대학교 교수
차세대홍수방어기술개발연구단장
kshanj@knu.ac.kr



박 세 진
경북대학교 건축 토목공학부 대학원생
sjin3615@naver.com

1. 머리말

한국수자원학회 국제협력위원회에서 실시하는 수자원 해외현장 시찰 프로그램으로 중국 삼협댐 및 장강수리연구소를 탐방하게 되었다. 중국은 한반도와 접하고 있으면서 선사시대 때부터 우리나라와 밀접한

관련이 있는 가까운 나라이다. 하지만 상이한 사회 체제에 따른 법과 제도 및 국민 간의 인식차이에서 먼 나라로도 인식이 된다. 중국 방문이 처음인지라 입국심사에서부터 느껴지는 이국적인 느낌은 우리나라와는 사뭇 다른 첫인상을 안겨주었다.

이번에 방문하게 된 곳은 중국의 무한, 중국어로는 우한(武漢)이라고 불리는 도시이다. 후베이성과 화중(華中)지방의 정치·경제·문화·교통의 중심지로 예로부터 우한삼진이라고 하여 중국 중부의 군사·교통의 요충지로 널리 알려져 왔다. 무한은 양쯔강(揚子江)과 그 지류인 한수이강(漢水)의 합류점에 입지하여 양쯔강 우안의 우창(武昌), 한수이강 이북 좌안의 한구(漢口), 한수이강 이남 좌안의 한양(漢陽) 등 3지구로 이루어져 있다. 특히 북경에서 광주, 심천, 홍콩으로 가는 남북방향의 철도로, 상해에서 서부 내륙으로 들어가는 동서방향의 수로로 연결되는 내륙교통의 요지로 예로부터 '9개의 성으로 통하는 대로'로 불리어 왔다. 중국 국토의 중심지이기에 '중국의 배꼽'이라고도 하며, 여름날씨가 40℃를 오르내릴 정도로 더



그림 1. 무한의 위치



그림 2. 하늘에서 본 무한의 모습

위 충칭(重慶), 난징(南京)과 함께 ‘중국의 3대 화로’라 불리기도 한다.

이번 해외현장 시찰은 7월 3일 출국하여 7월 7일 귀국하는 4박 5일의 일정으로 진행되었으며 우리나라의 홍수통제소와 같은 장강수리연구소와 양쯔강의 세 협곡을 잇는 세계 최대의 댐인 삼협댐 견학을 실시하였다. 참석 일행은 총 17명으로서 필자를 비롯하여 서병하(인하대), 이정규, 이화규(이상 한양대), 이종태(경기대), 김승권(고려대), 이재현((주)제일엔지니어링), 손광익(영남대), 이종형(공주대), 이재준(금오공대), 이재응(아주대), 김상호(상지대), 안재현(서경대), 손인호(차세대홍수기술개발사업단), 김태형, 손아롱(이상 경북대) 등과 중국에서의 일정을 함께 하였다.

2. 장강수리연구소 방문

무한에 도착과 함께 우리를 맞아준 것은 숨막힐 듯한 더위였다. 중국의 3대 화로라 불릴만큼 뜨거운 햇빛과 열기는 시찰단의 이번 여정의 어려운 장애였다. 더위를 잠깐이나마 식히고자 중국의 최대 강인 양쯔강을 먼저 찾아갔다. 양쯔강(揚子江)은 중국 대륙 중앙부를 횡단하는 중국에서 가장 긴 강으로 본래의 명칭은 창장(長江(장강))으로, 전체 길이가 6,300km에 달해 중국에서 가장 길뿐 아니라, 세계에서 세 번째로 긴 강이다. 중국 서부의 칭하이성(青海省)에서 남동쪽의 상하이(上海)까지 11개의 성급(省級) 행정구역에 걸쳐 있으며, 유역 면적은 1,800,000km²에 이른다. 일찍이 중국에서 하(河)라는 글자는 황허(黃河)를 가리키고, 강(江)이라는 글자는 창장(長江)을 가리키는 고유명사였다. 그래서 창장(長江)의 남쪽을 강남(江南)이라고 부르고, 남부의 동해안 지역을 강동(江東)이라고 불렀다. 그리고 창장(長江)의 상류를 진사강(金沙江), 민장(岷江) 강 등이 합류하는 그 아래 지역을 ‘천강(川江)’, 옛 형주(荊州) 지역을 지나는 창장(長江)의 중류(中流) 지역을 ‘형강(荊江)’, 그리고 그



그림 3. 강탄공원에서 본 양쯔강

하구(河口) 지역을 양쯔강(揚子江)이라고 불렀다. 하지만 서양 선교사들이 양쯔강이란 명칭을 사용한 뒤, 오늘날 중국 이외의 지역에서는 일반적으로 양쯔강이 창장(長江) 전체를 나타내는 말로 쓰이고 있다. 양쯔강(이하 장강)을 처음 본 소감은 장관이었다. 물론 우리나라에도 한강이나 낙동강처럼 하폭이 넓고 긴 강이 있으나 장강은 규모에서부터 압도적이었다. 넓은 하폭에 육안으로 보기에는 유속도 빨라 보였다. 무더운 날씨에도 장강에서 불어오는 강바람은 우리의 더위를 조금이나마 씻어주었다.

이런 장강은 예로부터 대홍수로 인한 큰 피해를 발생시켰고 이에 대한 대책이 필요하였다. 시찰단은 장강의 홍수를 관리하고 예·경보하는 기관인 장강수리연구소를 방문하였다. 무한에 위치한 장강수리연구소는 장강과 중국남서부 하천을 관리하기 위해 설립된 중국 수리부의 하천관리 기관으로써 사회주의 중화인민공화국 이전부터 있었으며, 1950년에 무한에 설치되었다. 관련법과 수리부로부터 부여된 권한을 이용하여 물관리, 법집행, 통합수자원관리, 유역계획, 홍수 및 가뭄관리, 수리시설건설, 하도관리, 퇴사관리, 수토보호, 수문조사, 연구 및 정부자산관리를 수행하고 있다.

장강수리연구소 연구원들과 시찰단은 각 나라의 홍수에 대한 관리와 수자원 현황 등을 소개하는 시간을 가졌다. 장강의 홍수 관리 시스템은 크게 제방, 저수지, 저류지, 비구조적 방법으로 나누어져 있었다. 가장 인상 깊었던 점은 홍수 관리 시스템의 규모였



그림 4. 연구원들과의 세미나

다. 장강의 대홍수를 막기 위해 무려 40,000개의 저수지를 설치하여 122.2억 m^3 의 물을 가둬둘 수 있는 능력을 확보하였으며, 그 중 규모가 큰 150여개의 저수지의 저수용량이 119.5억 m^3 이나 되었다. 저류지 또한 50억 m^3 의 저수용량을 가지고 홍수에 대비할 수 있는 능력을 갖추고 있었다. 그 중 무한에 위치한 저류지의 경우 12.28억 m^3 의 저수용량을 가지고 있으며, 1956년에 건설되어 지금까지 19번 사용되었는데, 특히 1961년 홍수 시 5,600 m^3/s 의 최대유량을 감소시켰으며 수위는 3m나 감소를 시켰다고 한다. 홍수위를 3m나 감소시킬 저류지라 하면 상상만 해도 대단하다는 생각이 들었다. 시찰단은 한국수자원학회 소개 및 최근 실시한 4대강 사업에 대한 소개를 하였으며, 기회가 된다면 4대강 현장에 장강수리연구소 연구원들을 초청할 수 있었으면 하는 바람을 전했다.

장강수리연구소 연구원들과의 세미나를 마치고 장



그림 5. 장강수리연구소 앞 시찰단

강 대홍수의 흔적이 있는 동호를 방문하였다. 동호는 장강의 범람으로 생긴 호수로, 중국 최대의 도시 가운데 위치한 호수일 뿐만 아니라 모택동이 해방 후 중난하이(中南海, 중남해)를 제외하고 가장 오래 머물렀던 지역으로 매년 200여만의 관광객이 다녀간다고 한다. 실제로 본 동호는 그 규모가 상상을 초월하여 잔잔한 바다 같은 느낌을 주었다. 범람으로 생긴 호수가 바다로 느껴질 정도라면 홍수로 인한 피해는 정말 엄청났을 것이며 장강수리연구소의 노력이 절실하다는 것을 느끼게 되었다.

장강수리연구소 여정의 마지막은 연구원들과의 만찬이었다. 장강수리연구소 부국장 및 연구원들의 초청을 받아 저녁식사와 함께 서로에 대해 가까워지는 시간을 가지며 장강수리연구소 여정을 마무리 하였다.



그림 6. 동호의 모습



그림 7. 저녁만찬

3. 삼협댐 견학

필자가 이번 중국 시찰에서 가장 기대를 했던 곳은 바로 삼협댐이다. 세계에서 가장 큰 댐이라는 사전지식을 바탕으로 엄청난 규모의 댐을 볼 수 있다는 기대감에 5시간의 이동은 길게 느껴지지 않았다.

이 댐의 건설구상을 최초로 제창한 것은 손문(孫文)으로 1919년 『실업계획』에서 삼협 지역의 수력발전 개발과 항로 개선의 필요성을 주장하였다. 그 후 우여곡절 끝에 1992년 4월 3일 중화인민공화국 전국 인민대표대회에서 장강 삼협 프로젝트 건설 결의를 채택하여 건설되게 된 것이다. 총 길이 6,300km의 장강 중류를 막아 높이 185m, 길이 1,983m의 콘크리트 중력식 댐을 건설하여 홍수방지, 항로개선에 도움이 되도록 함과 동시에 1,768kW의 전력을 발전하여

그 대부분을 화중(華中) 및 화동(華東)(특히 상해)으로 송전하고자 하는 구상을 하였다. 이 댐이 완성됨으로 인해 저수용량과 발전능력 모두 세계 최대가 되었다. 덧붙이자면 3협이란 중국 후베이성(湖北省) 이창(宜昌)의 취탕샤(瞿塘峽)·우샤(巫峽)·시링샤(西陵峽) 등 삼샤(三峽:장강삼협)를 잇는 총 길이 240km에 이르는 협곡을 말한다. 공사가 완료됨으로써 양쯔강을 따라 길이 660km, 평균 너비 1.1km, 총면적 632km², 총 저수량 393억t에 달하는 거대한 인공호가 만들어졌다. 이 저수량은 일본 전체의 담수량과 맞먹는 양으로, 27억t인 소양호 저수량의 13배가 넘는다. 또 충칭(重慶)까지 1만t급 선박이 운항해 고속도로 4~6개에 버금가는 물류 혁명이 일어나고, 10년 주기로 찾아오는 장강 홍수가 100년 단위로 늦춰지며, 댐 일대를 중국 최대의 관광지 가운데 하나로 개발함으로써

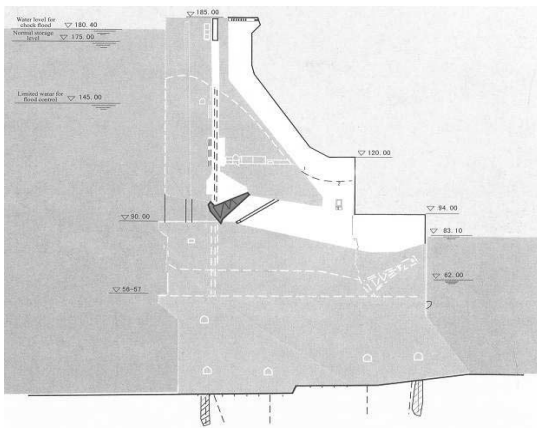
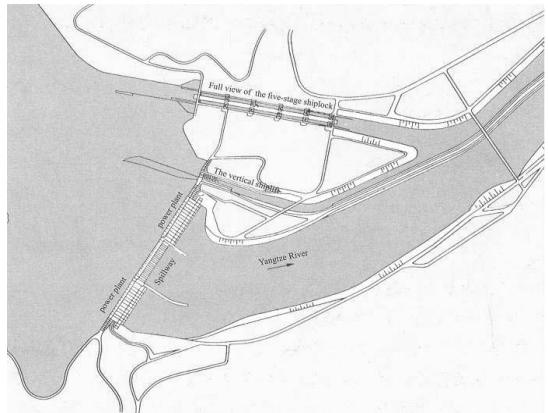
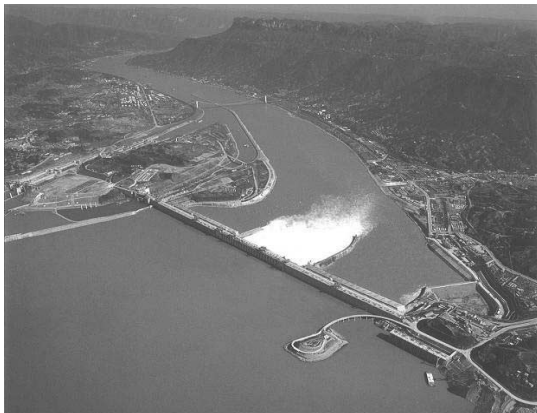


그림 8. 삼협댐 관련 도면 및 사진

표 1. 삼협댐의 제원

| Item Description | Unit | Index | Item Description | Unit | Index |
|---|------|----------------------|------------------------|-------|-----------------------|
| Reservoir | | | | | |
| Normal pool Level | m | 175 | Flood Control Level | m | 145 |
| Total Storage Capacity (under 175 meter) | m | 393×10 ⁸ | Flood Control Capacity | m | 221.5×10 ⁸ |
| Major Construction and Equipment | | | | | |
| Dam Type | | Concrete Gravity | Crest Elevation | m | 185 |
| Installed Capacity | kW | 1820×10 ⁴ | Max. Height | m | 175 |
| Permanent Shoplock | | Double Way, 5 stage | Dimension of Chamber | m×m×m | 280×34×5 |
| Vertical Shiplock | | One Way, 1 stage | Dimension of Chamber | m×m×m | 120×18×3.5 |

21세기 중국의 지도를 바꾸게 될 것으로 보고 있다. 이같은 개발 이익은 연간 200억 위안(3조 2000억 원)에 이를 것으로 추산되어 경제적인 효과도 큰 것으로 보인다. 그러나 이러한 경제적 이익과는 달리 일부 부작용도 나타나고 있다. 1087건(지상 364건, 지하 723건)에 달하는 문화재 가운데 보존 가치에 따라 이전되거나 현지에 보존되는 지상 문화재 287건을 제외한 모든 문화재가 그대로 수몰되었다. 완공 후 유량 감소로 인해 장강의 수질오염이 10배 이상 증가하고, 장강 물의 해양 유입 감소로 인해 서해와 동해의 염분농도가 증가해 한국 등 주변국의 기온 상승은 물론 해양 생태계에도 많은 영향을 끼치는 것으로 보인다.

시찰단이 방문한 당시에도 방류를 하고 있었는데 그 유량이 초당 약 20,000m³이라고 하였다. 최근 장강의 홍수로 초당 58,000m³의 물을 방류했다고 하는데 홍수를 방지함과 동시에 엄청난 방류량으로 인한 하류부의 피해가 걱정이 되었다. 또한, 삼협댐이 없었다면 얼마나 큰 홍수 피해가 발생했을까 하는 의문

도 생기게 되었다. 엄청난 방류량과 함께 인상 깊었던 것은 갑문을 이용해 선박이 댐을 건너가는 모습이였다. 삼협댐의 갑문 시스템은 5개 계단형 갑문이 왕복 2차선 갑문체계(총 10개)로 이루어져 있다. 선박이 수직 선박 리프트를 이용해 리프트 수조에 입수-퇴수하여 승강 혹은 하강을 하는 시스템이다. 3000t급 선박을 끌어올릴 수 있으며 화물선에 이용할 수 있지만 주로 여객선을 염두에 두고 만든 것이다. 실제로 대규모의 수송선과 크루즈호가 갑문을 이용해 댐을 건너가는 모습은 정말 많은 노력과 기술력이 만들어진 결과라는 것을 느끼게 해주었다. 중국인들이 왜 삼협댐에 대해 자부심을 갖는지에 대해서도 이해할 수 있었다. 삼협댐의 건설로 인해 대규모 홍수 방지와 관광지로써의 경제적 효과를 얻었지만 문화재 수몰 및 수질오염이라는 부작용도 생기게 되었다. 수자원에 종사하는 사람이라면 홍수 방지와 수질오염이라는 두 쟁점을 두고 누구나 쉽게 선택을 할 수 없을 것이다.

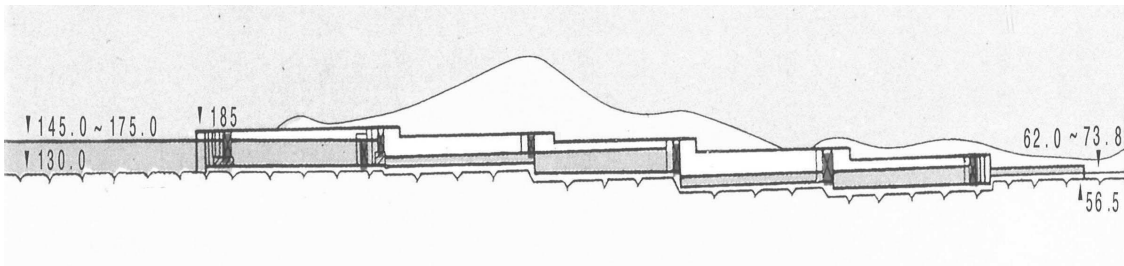


그림 9. 삼협댐 갑문의 구조



그림 10. 삼협댐 갑문의 모습



그림 11. 갑문을 통과하는 크루즈호



그림 12. 삼협댐 견학중인 시찰단

4. 마무리

2012년 7월 한국수자원학회 해외현장 시찰을 통해 방문한 중국은 우리나라의 상황과는 다르겠지만

자국의 현안 문제를 어떻게 받아들이고 어떤 해결책을 찾아가느냐 하는 것은 공통된 점인 것 같다. 특히 최근 태풍과 폭우로 인한 홍수피해에 대해 중국과의 교류를 통한 중국의 홍수관리 기술 등을 활용할 수 있는 기회가 있었으면 한다. 또한 삼협댐 사례를 통해 국내 수자원 관리상에 벤치마킹할 부분이 있으면 그 내용을 보완하고 장점은 활용할 수 있는 시발점이 되었으면 한다. 이에 향후 수자원학회에서는 중국 수자원국과의 적극적인 교류 등을 통해 양국의 이해와 협력관계를 구축하고 중국의 수자원 관리기술을 활용할 수 있는 방안 및 우리나라 기술이 해외로 수출되어 중국의 상황에 접목될 수 있는 방안을 모색하여야 할 것이다. 마지막으로, 함께 견학하면서 많은 것을 가르쳐 주신 분들과, 중국 장강수리연구소를 포함한 관계자 여러분, 해외현장 시찰에 도움을 주신 분들께 감사의 말씀을 전합니다. 🍵