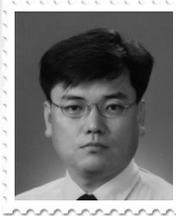


몰디브 기술협력단 활동보고



심재현
국립방재연구소
방재연구실장
shim1001@nema.go.kr



전환돈
서울과학기술
대학교 교수
hwjun@snut.ac.kr



정진호
대영엔지니어링
이사



김윤태
국립방재연구소
시설연구관
proom@nema.go.kr



홍성진
국립방재연구소
시설연구관
hongsj@nema.go.kr

1. 방문 배경

국내 언론에도 보도가 된 바와 같이 지난 9월 13일 몰디브 공화국의 초청으로 박연수 소방방재청장과 정상만 국립방재연구소장이 몰디브 공화국을 방문하였다. 방문의 주된 목적은 현재 몰디브 공화국이 처한 가장 시급한 두 가지 문제인 용수부족 특히 식수부족과 해안침식문제를 해결하기 위한 기술협력의 일환이었다. 9월의 방문에서 모하메드 나시드 몰디브 대통령과 박연수 소방방재청장 간에 우리나라의 빗물활용, 상하수도, 연안침식방재 관련 전문가로 구성된 기술협력단을 파견하여 이러한 문제를

해결하기 위한 몰디브 현지의 상황을 조사하기로 합의하였다.

이에 따라 지난 11월 5일부터 16일까지 12일간에 걸쳐서 외부 전문가로 전환돈 교수, 정진호 이사와 국립방재연구소의 김윤태, 홍성진 시설연구관과 기술협력단으로 몰디브 현지조사를 수행하였다. 기술협력단 현장조사의 가장 큰 목적은 몰디브 현지의 문제점과 이를 해결할 방안을 제시하는 것이었다. 또한 단순히 보고서와 같은 서류상의 해결 방안만을 제시하는 것이 아니라 제안된 방안을 실질적으로 적용할 수 있는 몰디브내의 특정 섬을 선정하여 향후에 장기적으로 제안될 방안의 시공과 운영을

할 수 있는 기초를 확보하는 것 또한 중요한 현장조사 목적의 하나였다.

2. 몰디브 소개

우리에게 몰디브는 고급 신혼여행지와 아름다운 해변과 산호로 알려져 있다. 몰디브는 인도양에 위치하고 있으며 약 1,300여개의 섬으로 구성된 섬국가로서 각 섬은 환초(Atoll)를 형성하고 있으며 북쪽과 남쪽의 전체 길이는 약 1,000km이다. 특이한 점은 해수면보다 2m이상 높은 곳이 없다는 것이다(평균표고 : 0.8~1.5m). 이에 따라 기후변화에 따른 해수면 상승에 의한 피해가 가장 큰 문제라고 볼 수 있다. 이러한 위기를 전 세계에 알리기 위해 2009년 10월 17일에 몰디브 내각회의를 바다밑에서 잠수회의로 실시하기도 하였다. 그러나 역사적으로 몰디브는 자연재해피해가 적은 지역에 속해 있었으나 2004년 12월의 남아시아 지진해일로 인해 큰 피해가 발생하기도 하였다. 몰디브의 일반적인 현황은 표 1과 같다.

〈표-1〉 몰디브 일반현황

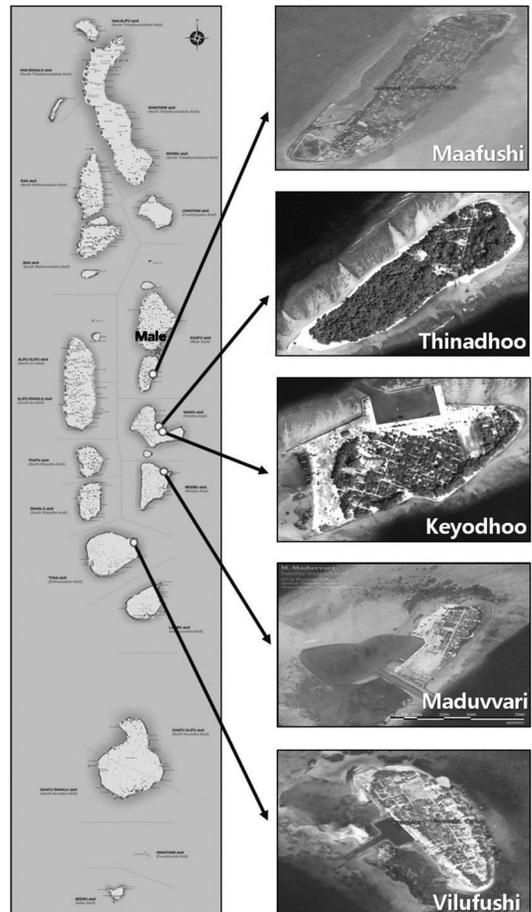
항목	1994	2004
수도	말레	
인구(명)	240,255	293,746
국내총생산(GDP, 민달러)	338	700.8
1인당 GDP(달러)	1,451	2,421
제조산업비중(%)	10.1	8.5
서비스산업비중(%)	73.4	77.2
농업비중(%)	3.8	2.8

이러한 해수면 상승이나 해안 침식 문제 외에도 섬의 특성상 대부분의 섬에 하천이나 호수가 존재하지 않아서 수자원이 매우 부족한 실정이다. 리조트라 불리는 관광지로 개발된 섬을 제외하고 현지 주민이 거주하는 섬의 경우 상대적으로 용수부족이 심화되고 있다.

몰디브의 종교는 이슬람교이며 하루에 5차례, 10분 동안 기도하는 전통을 가지고 있다. 몰디브의 종교에 대해서 언급하는 이유는 모든 마을마다 “모스크”라는 사원이 건립되어 있다는 점이다. 모스크는 그 마을 공동체의

중심적인 역할을 수행하고 있으며 기도하기 전에 손과 발을 씻는 용도로 공용우물이나 수도가 설치되어 있다. 공용우물은 손발을 씻는 용도이외에도 어부나 선원이 배에서 사용할 물을 받는데도 사용된다. 또한 모스크는 일반적으로 지붕이 넓고 주변에 공간이 확보되어 있어서 빗물을 모아서 저류할 수 있는 좋은 조건을 가지고 있다.

몰디브의 소개에 있어 반드시 언급할 문제는 교통수단이다. 이미 언급한 바와 같이 몰디브는 약 1,300여개의 섬으로 이루어졌기 때문에 섬간의 교통수단은 주로 배로 이루어진다. 특히, 현지에서 "Speed Boat"라고 불리는 약 20인승의 쾌속선이 빠른 교통수단이다. 배 이외에 각 리조트를 연결하는 “Air Taxi”라고 불리는 수상비행기가 운



〈그림 1〉 현장조사 실시 섬 위치

영되고 있다. 그러나 수상비행기의 경우 경비가 비싸기 때문에 일반 주민이 일상적으로 이용하기에는 무리가 있다. 일상적으로 가용할 수 있는 교통수단이 배라는 것은 단순히 생활의 불편뿐 아니라 자재나 장비, 인력 등을 수송할 때 비용이 많이 들고 날씨의 영향을 많이 받을 수밖에 없기 때문에 용수부족을 위한 해결책이나 해안침식 방지를 위한 공법결정에도 영향을 미칠 수밖에 없을 것이다.

3. 현장 조사 대상 지역 위치도

조사지역은 Vilufushi, Maduvvari, Maafushi, Keyodhoo, Thinadhoo 등 5개 섬이다. 각 섬이 몰디브내 위치는 그림 1과 같다. 말레에서 각 섬으로 이동시는 Speed Boat를 이용하였으며 말레를 기준으로 가장 남쪽에 위치한 Vilufushi의 경우 약 5시간 반이 소요되었다.

4. 현지 조사 결과

이번 현지 조사에서 몰디브 정부를 대표하여 몰디브 NDMC (National Disaster Management Center)의 Shahid 장관이 직접 동행을 하며 몰디브 정부가 이번 현장조사를 얼마나 중요시하는지를 보여 주었다. Shahid 장관과는 총 5회에 걸쳐서 회의를 실시하였고 출장 후반 3일의 현지 조사는 Shahid 장관이 직접 동행하여 의견을 교환하였다.

현지 조사 결과를 용수부족 문제와 해안침식 문제로 구분하여 간략히 소개하고자 한다.

4.1 용수부족 분야

현지 조사를 가기 전에 실무진에서는 용수부족을 해결할 수 있는 방안으로 세가지 가능성에 대하여 검토하였다. 첫 번째로 빗물활용, 두 번째로 지하수(우물)의 활용, 마지막으로 해수담수화이다. 이중에서 빗물활용과 해수담수화 방안은 몰디브 뿐 아니라 국내와 해외의 섬지역에서 활

용이 가능하기 때문에 특히 중점을 두어서 고려하였다. 그러나 현지 조사 결과 세가지의 대책중에서 지하수 활용과 해수담수화 방안은 현지에 적용하기에는 여러 가지 문제가 있음을 알 수 있었다. 이러한 결론을 얻을 수 있었던 용수부족 관련 현장조사 결과는 다음과 같다.

- 몰디브는 전통적으로 개인주택마다 우물이 있으나 식수로 사용하기 어려울 정도로 수질이 악화되어 있어 세탁용, 화장실 용수로만 사용하고 있었다 (그림 2 참조). 특히 지하수 과다 사용은 지하수위를 낮추는 결과를 초래하여 해수침투의 원인을 제공하고 있었다.
- 지하수의 수질이 악화되는 주된 원인은 크게 해수의 침투에 의한 오염과 하수관거 미비에 의한 생활오수 침투 그리고 우물주변에 위치한 공동묘지에 의한 오염원 등이 지하수를 오염 시키는 것으로 파악되었다.
- 식수는 지붕 등을 이용한 빗물을 가정마다 빗물탱크 (2,500리터, 그림 3 참조)에 보관하여 식수로 활용하고 있으나 금속성분이 다량 감지되었다. 가정마다 가지고 있는 빗물탱크는 UN에서 몰디브에 원조한 것으로 모든 가정과 공공시설에 공급되어 있었다.
- 간이 수질측정 결과 금속성분(구리, 아연, 카드뮴, 니켈)이 0~50mg/L사이로 측정(국내기준 3mg/L 이하) 되었다. 확실한 것은 아니지만 측정된 금속성분은 지붕(슬레이트, 아연도금)에서 빗물저류시 유입된 것으로 추정되었다.
- 공공시설 빗물탱크는 지붕면적을 감안하여 여러 개의 빗물탱크를 병렬로 연결시켜 다량의 빗물을 확보하기 위해 노력(그림 4 참조)하고 있었다.
- 해수담수화 시설은 리조트를 제외하고 5개 섬에 설치되어 운영되고 있으나 설치와 운영비용문제로 토착민 거주지역 수자원대책으로는 부적합 (그림 5 참조)한 것으로 판단되었다. 또한 일반 섬에서 운영중인 해수담수화 시설은 운영중인 섬이 특별한 경우, 예를 들어 교도소가 있다던가 하는 경우에 특별히 설치되었다고 한다. 따라서 인구가 많지 않은 섬의 경우 해

수담수화 시설의 설치는 어렵다고 판단되었다.

- 건기일수가 이전 60일 정도에서 지난해의 경우 약 150일 (5개월) 정도로 길어지는 추세에 있어서 빗물에 의존하는 식수확보가 건기에 어려움을 겪을 것으로 예상되고 있다. 이처럼 건기일수가 길어지는 것은 전세계적인 기후변화가 원인이라고 판단되었다.

위와 같은 현장 조사결과를 바탕으로 용수확보를 위해서 가능성이 가장 높은 방안은 빗물활용이라고 볼 수 있다. 지하수의 경우 수질과 수량 모두에서 문제가 있으며 해수담수화의 경우 가장 안정적인 용수원이라고 볼 수 있으나 비용문제가 크기 때문에 일반적인 해결책이 될 수 없을 것으로 판단된다. 빗물활용의 경우에도 건기일수 확대에 따른 저류시설의 확보와 빗물을 받는 지붕이 더러울 경우 모아진 빗물이 오염될 수 있는 것을 해결해야만 용수확보를 위한 좋은 대안이 될 것이다.

용수확보 분야에서 중요하게 언급할 점은 현장 조사대상 섬중에 하나인 Vilufushi의 모스크 지하에 저류조를 만들어서 빗물을 저류하여 공급하는 시설이 건설중에 있



<그림 4> 다중탱크를 연결하여 구성한 빗물저류 탱크 시스템

는 것이다. 이러한 시설은 차후에 용수확보에 문제를 해결할 수 있는 하나의 중요한 대안이 될 것으로 사료된다.

4.2 해안침식 분야

해안침식 분야의 현지 조사 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 연안침식을 위한 예산(2010년)은 현재 약 300만달러 (35억원)로써 침식피해에 대한 단기적인 응급복구에만 사용하고 있다.
- 무계획적 어항개발로 인한 항주변 침식 및 호안붕괴가 자주 발생하고 있다.
- 돌출된 인공항만시설 개발로 인한 주변부 파의 집중현상(회절, 굴절)과 흐름단절현상으로 인한 호안 붕괴 및 백사장침식현상 발생. 호안은 일반적으로 산호를 이용하여 쌓은 인공호안을 주로 적용중에 있다.
- 낮은 질량의 패사로 인한 지속적인 백사장 침식현상 발생되고 있다. 환초(Atoll) 내해는 섬군으로 둘러 쌓여 있고, 넓은 산호군(잠제역할) 영향으로 파의 크기가 작아 침식현상이 작게 발생되고 있다. 그러나 환초(Atoll) 외해는 대양에서 전파되는 파랑의 직접적인 영향을 받아 파의 크기가 증가, 침식현상이 크게 발생하고 있다.
- 연안침식 방지 및 관리를 위한 연안관측시스템이 없거나 미비하다.
- 연안관측시설 미비로 인한 연안재해 분석 및 예방·대비를 위한 기초자료 부족하다. 해외지원목적의 단기관측조사만 국외기관에서 일부 실시하고 있고 장기적이고 넓은 범위에서 측정되고 축적되는 기초자



<그림 2> 우물내부 및 우물의 세탁용도 활용 예



<그림 3> 가정용 빗물저류탱크 및 빗물포집관

료는 부실하였다.

해안침식 방지 방안에 관하여 몰디브 정부측에서는 다양한 사항에 대하여 요청을 하였다. 가장 중요한 요청사항은 방지대책의 경제성이라고 볼 수 있다. 즉, 해안침식 방지 공법은 때때로 매우 높은 비용이 필요하게 되기 때문에 아무리 좋은 방법이라고 해도 경제적으로 타당성이 떨어질 경우 몰디브를 위한 적절한 대책이 될 수 없기 때문이다.

다음으로 중요한 요청사항은 친환경성이다. 콘크리트 등을 주재료로 한 공법의 경우 장기적으로 주변의 산호를 죽이게 되어서 몰디브의 아름다운 해변을 망쳐 놓을 수 있기 때문에 이에 대한 우려가 매우 크다고 생각되었다. 관

광산업이 가장 중요한 산업이며 가장 중요한 관광자원이 해변과 산호로 이루어진 얇은 바다가기 때문에 중요한 관광자원을 보호하는 것이 해안침식 방제이상으로 중요할 수 밖에 없기 때문에 해안침식 방지대책 수립에 반드시 고려되어야 할 것으로 생각된다.

이외의 요청사항은 가능한 짧은 시공시간과 현지조달이 편리한 자재를 사용하는 것으로 요약될 수 있다. 구체적인 해안침식 방지를 위한 구체적인 방안은 연구중이나 산호사 활용 친환경소재개발은 장기연구로, Geotube 공법사용을 우선 추진하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

몰디브 지역의 해안 침식의 예를 Keyodhoo 섬을 중심으로 그림 6에 나타내었다.



〈그림 6〉 Keyodhoo 섬의 해안침식 사례

5. 향후 추진 계획 및 결론

위와 같은 현장조사 결과를 바탕으로 몰디브 현지 상황에 적합한 용수확보 방안과 해안침식 방지 방안을 구체화시키는 것을 연구하고 있다. 용수확보 방안의 경우 Vilufushi 섬에서 건설중인 중앙집중형 저류조와 염소처리 시설 그리고 배수관망을 결합한 시스템을 보완하여 길어지는 건기에 대비하고 저장된 빗물의 수질을 보장할 수 있는 방안에 대하여 연구하고 있다.

해안침식 방지 방안은 해안침식이 발생하는 원인이 섬마다 다르고 같은 섬이라도 원인이 다를 수 있기 때문에 여러 가지 방안에 대하여 적절히 적용할 수 있는 지침을 마련하고 원인별 최적 대안을 제시하고자 연구하고 있다. 그러나 현지에 장기적인 해안침식 관련 관측 자료가 미비하기 때문에 정확한 방안 결정에 앞서서 모니터링과 같은 자료수집을 우선하는 것이 중요할 것으로 판단된다.

2011년에 2차 현장조사를 실시할 예정이며 이때는 제안될 시설의 설계와 비용을 산정할 인력도 함께 동행할 예정이다. 이외에 교육사업의 일환으로 KOICA 교육훈련 프로그램에 관련 공무원 및 지역전문가를 우선적으로 포함시킬 계획이다.

이 사업의 의의는 국내의 해안방재나 상하수도 관련 전문기술을 다른 나라의 문제를 해결할 수 있도록 기술 협력을 하고 실제로 설비나 시스템을 설치하는데 필요한 비용이나 기술을 뒷받침 하는 것이다. 이러한 국제적인 사업을 통해서 2010년 11월 G20회의를 성공리에 개최한 국가의 국격을 높이는 하나의 사례를 마련할 수 있을 것이다.