

우수 시스템을 적용한 친환경 리모델링 방안 : 제주 국제공항을 대상으로

김 병 현, 나 수 연*
한국공항공사, *제주대학교 건축학부

A Case Study on Green Remodeling of Water System in Jeju Airport

Byung-Hyun Kim, Su-Yeun Na*

Korea Airports Corporation, 274 Gwahaedong Gangseogu, Seoul 157-711 Korea
*Dept. of Architectural Engineering, Cheju National University, Cheju 690-756, Korea

(Received November 27, 2006; revision received May 16, 2007)

ABSTRACT: The case study aims to propose the green remodeling strategies of water system in Jeju international airport facilities considering the environmental conditions of Jeju Island. The rain water was proposed as an alternative water source to conserve of under ground water resources. Computations of daily precipitation, rain collection, runoff and water usage was conducted to investigated the feasibility of the rain water system design.

Key words: Rain water system(우수시스템), Green remodeling(친환경리모델링)

기 호 설 명

- Q : 우수 집수량 [m^3]
- A : 집수면적 [m^2]
- I : 우수량 [mm]
- C : 유출계수
- E : 효율계수
- St : t일의 저장조내 수량 [m^3]
- R : 저장조 용량 [m^3]
- $St + Qt - R$: 저장용량을 초과한 유입량 [m^3]

1. 서 론

환경문제는 21세기 인류가 당면한 가장 큰 문제점으로서 Worldwatch Institute에 의하면 세계 목재 사용량의 25%, 석재, 자갈, 모래 등 자원소비량의 40%, 에너지소비량의 40%, 물소비량의 16%

가 건축물에 소비되고 있다고 한다.⁽¹⁾ 이미 선진국에서는 환경문제에 대응한 지속가능한 건축개발 개념으로 근본적인 전환이 이루어지고 있다. 그러나 선진국의 다양한 친환경 건축 개발 개념을 국내에 그대로 들여와 적용하는 것은 의미가 없다. 지역 환경의 특성과 문제점을 파악하고 통합적으로 계획함으로써 보다 효과적이고 실용적인 결과를 기대할 수 있을 것이다.

제주도는 바다로 둘러싸인 고도로서 기후, 지형, 토양 등과 같은 지역 환경조건이 육지부와 확연히 다르다. 이러한 측면에서 제주 지역의 환경친화적인 건축개발 방식도 다른 지역과는 차이가 있을 수밖에 없다. 특히, 배수성이 좋은 토양 조건으로 인해 하천 등이 발달하지 못하고 지하수를 수원으로 사용하고 있는 제주도에서 지하수의 보전과 대체 수자원의 확보는 가장 중요한 환경 이슈 중 하나이다.

따라서 본 연구에서는 증축 및 리모델링을 계획 중인 제주공항을 대상으로 기존 급수시스템에 우수시스템을 통합 적용하는 방안을 제안함으로

* Corresponding author

Tel.: +82-64-754-3703; fax: +82-64-757-8691

E-mail address: nater@cheju.ac.kr

써 제주 지역의 수자원 환경 조건과 공항운영 효율성을 고려한 환경친화적인 리모델링 계획방안을 제시하고자 하였다.

2. 제주도 수자원 이용현황과 문제점

지하수를 수원으로 활용하고 있는 제주도에서는 해마다 사용수량이 점점 증가하여 이미 2002년도에 적정 지하수 개발량의 84%를 상회하고 있는 것으로 분석되었다.⁽²⁾ 특히 도시지역의 팽창, 도로 및 중산간 지역의 초지개발, 시설하우스의 증가 등으로 지표수 유출량은 증가하고 지하수 함양면적이 갈수록 감소하면서 지하수원의 보전과 관리에 대한 필요성이 심각하게 요구되고 있다. 이에 대한 대안으로서 지하수 관정의 관리 강화와 정비, 신규 지하수 개발 제한 등과 같은 방안이 제시되고는 있으나 장기적이고 친환경적인 시점에서 보다 적극적인 방안이 요구된다. 즉, 제주도의 지역환경을 통합적으로 고려하여 대체수자원을 개발하고 이를 활성화하기 위한 방안이 필요하다. Fig. 1은 제주시의 월별 강수량을 다른 지역과 비교하여 보여준다. 제주지역의 연간 평균 강수량은 약 1457mm 정도로 서울이나 광주 지방보다 100mm 이상, 대구지역보다는 300mm 이상 비교적 강수량이 많은 편이다.

최근 제주도 수자원관리본부에서 지하수 부존량을 재평가한 결과 연간 땅속으로 침투하는 빗물의 양은 총 강우량의 46.1%인 15억 8100만톤이며 지속적으로 이용가능한 지하수량은 연간 6억 4500만톤, 1일 176만 8000톤으로 조사되었다. 즉 제주도는 국내에서 가장 강수량이 많은 지역이지

만 실제 지하수 사용량은 전체 강우량의 19% 밖에 되지 않는다. 이에 따라 지하수 개발 및 이용이 엄격하게 통제되고 있으며 지하수를 사용한 만큼 원수대금을 납부하고 1년, 3년, 5년 주기로 재허가를 받도록 하고 있다. 본 연구대상인 제주공항도 지하수를 주로 이용하여 급수하고 있는데 앞으로 승객증가와 청사증축에 따라 친환경적이고 안정적인 수원의 확보가 시급한 실정이다.

3. 제주공항의 수자원 이용 현황 분석

1984년 준공된 제주공항은 이용객의 증가와 더불어 장기 사용에 따른 시설의 노후화로 인해 부분적인 개선이 수시로 이루어지고 있었다. 최근 제주공항에서는 제주도 국제자유도시 개발정책을 수용할 수 있는 마스터플랜을 수립하고 증가하는 항공수요를 수용할 수 있는 공간을 확보하기 위한 증축과 리모델링이 계획되어 일부 시공 중에 있다. 본 연구에서는 제주공항 중장기 발전 계획을 고려하고 전문가 인터뷰 및 현장조사를 통해 기존 여객터미널의 문제점을 분석하여 우수시스템 적용을 통한 환경친화적 리모델링 계획안을 제시하고자 하였다.

제주공항 여객청사는 2개의 지하수 관정을 이용하여 자체 급수하고 청사와외 일부 등은 상수도를 이용하고 있다. 앞으로 승객증가와 청사의 증축에 따라 급수량은 점점 늘어날 것으로 분석되는데 중장기발전계획에 따르면 앞으로 1700m³ 규모의 지하저수조를 추가할 계획이다. 초기에는 중수시스템의 도입도 검토되었으나 기존 급수관에 추가배관이 불가능하여 계획에서 제외되었다. 대체수원으로 빗물을 이용하면 지하수 사용량 절감을 통해 수자원을 보전하고 환경오염을 최소화하며 경제적인 수자원 활용 방안을 제시할 수 있는 것이다. Table 1은 기존 여객청사의 건축개요를 보여주며 Fig. 2와 Fig. 3은 각각 현재 제주공항의 전경과 앞으로 확장될 계획 평면도를 보여준다.

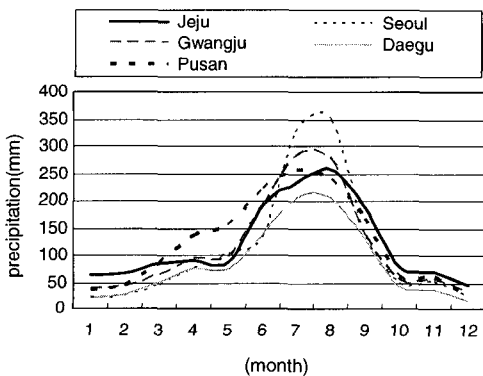


Fig. 1 Monthly precipitation of Korean cities.

Table 1 Summary of the case building

Area of site	2,625,583 m ² (794,235 py)
Zone division	Natural green zone
Total floor area	48,117.15 m ² (14,580.95 py)
The building-to-land ratio	1.47%

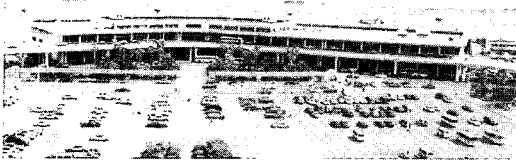


Fig. 2 Landside view of Jeju international airport.

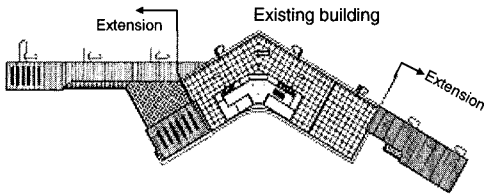


Fig. 3 Remodeling plan of Jeju airport building.

3.1 기존 현황분석

제주공항은 2개의 지하수 관정을 이용하여 급수하고 있는데 관정당 400 m³/day정도의 지하수를 생산한다. 급수방식은 600 m³용량의 고가수조를 이용하고 동력동의 양수펌프로 물을 퍼올린다. Table 2는 기존 여객청사의 각 층별 주요 기능을 보여준다. Fig. 4 및 Fig. 5는 기존 여객청사의 층별 위생배관 실태 및 계통도를 보여준다.

3.2 최근 3년간 급수이용 패턴

현재 여객 청사를 비롯한 제주공항에서 사용하고 있는 총 급수량은 연간 17만톤에서 19만톤 정도이며 대부분 지하수를 이용하고 있다. 사용 용도는 식수, 화장실 용수, 식당용, 공조용, 조경수 및 소방용수 등이며 연간 사용수량은 해마다 조금씩 증가되고 있다. Fig. 6은 최근 4년간 월별 물사

Table 2 Description of the case building

Floor	Room index
B1	A/C room, Electricity room, pit
F1	Waiting room, Arrival waiting room, Offices etc.
F2	Leaving isolation waiting room, Offices, Restaurants, etc.
F3	Arrival waiting room for international lines, Waiting room, Offices, etc.
F4	Restaurants, Offices, Medical room, Convenience facilities.

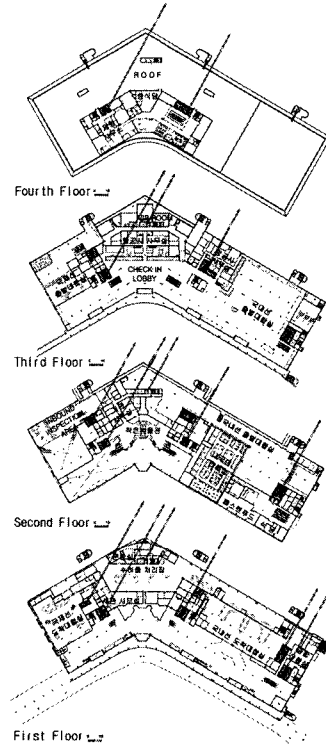


Fig. 4 Water supply piping condition of the case building.

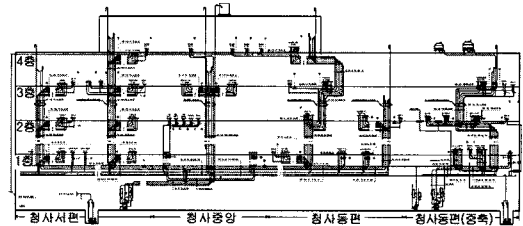


Fig. 5 Water supply distribution diagram.

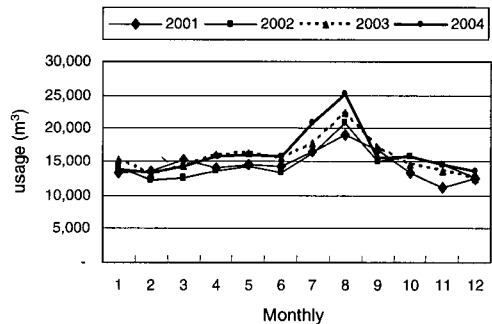


Fig. 6 Annual water supply of the case building.

용 패턴을 보여주는데 일일 평균 사용량은 476 m³에서 520 m³ 정도로 나타났다.

4. 우수시스템을 적용한 환경친화적인 리모델링 방안

환경친화와 관련된 지속가능성(sustainability)이란 용어는 건축물의 자연환경에 대한 영향을 줄이기 위한 다양한 행위를 설명하는 단어로 사용되고 있는데 리모델링 용어로서 그린 리모델링, 또는 greening과 동일하게 사용되기도 한다. 지속가능성이란 다음 세대에게 현재 높은 삶의 수준을 그대로 전수하겠다는 의도를 가지며 우리 사회가 지속가능하려면 우선 에너지, 수자원, 천연자원 및 토지와 같은 모든 자원을 효율적이고 폐기물을 최소화할 수 있도록 사용해야만 하고 자연환경, 모든 천연자원을 보존해야 하며 다음 세대를 위해 건강한 환경을 제공해야 한다.⁽³⁾

특히 제주지역 환경조건을 고려해볼 때, 한정된 지하수 자원을 보전하고 대체수자원을 개발하여 효율적으로 활용하는 것은 환경보전을 위한 가장 중요한 요소들 중 하나이다. 건물의 신축뿐 아니라 리모델링에서 적용될 수 있는 수자원절약 기술요소를 살펴보면 우수이용 및 중수시스템과 결수기기의 도입 등이 있다.

본 연구에서는 제주 국제공항의 친환경 리모델링을 위한 수자원 활용계획에서 빗물을 이용한 우수시스템을 활용하는 방안을 제시하고자 한다. 제주공항의 급수실태를 살펴보면 Table 3과 같이 주로 화장실에 사용되는 용수가 대부분이며 급수원으로는 지하수를 주로 사용한다. 또한 배수와 오수는 합류되어 제주시의 종말처리장으로 그대로 유입되어 처리되기 때문에 중수를 생산하는 것이 불가능한 실정이다. 빗물은 처리공정이 간단하여 비교적 비용이 적게 들뿐 아니라 기존 여객터미널의 우수관 및 저수조를 활용할 수 있기 때문에 적용가능성이 있는 것으로 평가되었다.

4.1 우수시스템 적용을 위한 리모델링 계획 프로세스

4.1.1 우수시스템 적용 검토를 위한 기후분석

우수이용 가능성을 평가하기 위하여 제주공항이 위치한 제주시의 최근 10년간 강우량을 분석

한 결과는 Fig. 7 및 Fig. 8과 같다.

제주시의 연평균 강수량은 1502.24 mm이고 전체 강수량의 60% 이상이 6월에서 9월 사이에 집중되고 있으며 건기인 겨울철에는 월평균 강수량이 56 mm 이하인 것으로 분석되었다.

제주 공항의 환경 조건과 증축 리모델링 계획에 맞추어 주요 설계 목표는 화장실에 사용하는 양변기, 소변기 등 세정용수, 소화용수, 조경용수의 급수는 빗물을 이용하는 것으로 설정하였다.

4.1.2 급수 용도구분 및 필요량 산정

수자원이용 설계는 상수이용부분과 우수이용부분의 급수량(사용수량)을 구분 산정하고 상수를 이용할 용도와 우수를 이용할 용도로 구분하여 분석하였다. 계산 방법은 사용 기구수에 의한 산정 방법⁽⁴⁾으로 계산하였다.

(1) 상수이용부분

Table 3은 주로 신체와 직접 접촉되는 세정수나 음료수 등으로 세면기, 샤워기, 싱크대, 음수기, 식당, 카페테리아, 스낵 등에 사용되는 급수

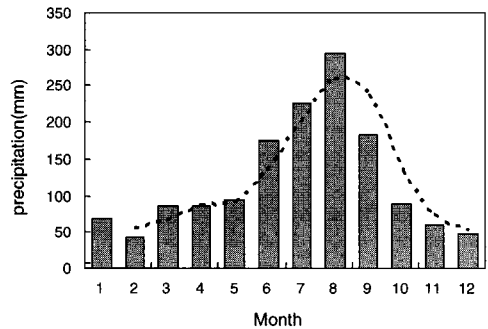


Fig. 7 Monthly average precipitation in Jeju.

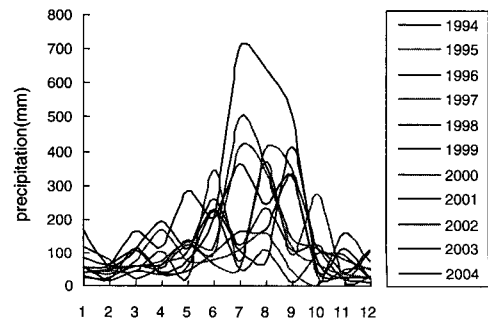


Fig. 8 Recently precipitation of Jeju.

량을 산정한 결과를 보여준다. 상수원은 지하수를 이용한다.

(2) 우수이용 부분

Table 4는 우수를 이용할 부분의 수량을 산정한 결과이다. 우수는 신체와 직접 접촉이 되지 않는 양변기, 소변기, 조경용수, 소방용수 등에 사용된다.

4.1.3 우수 집수량과 사용량의 검토

우수 집수량의 산정은 식(1)과 같은 간이식으로 계산할 수 있다.

$$Q = A \times I \times C \tag{1}$$

공항은 넓은 녹지와 활주로, 계류장이 있어 집수 면적은 충분히 확보가 가능한 실정이다. 그러나 수질확보와 유지관리상의 편리성 및 적용가능성을 고려하여 기존 여객터미널의 지붕을 집수면

Table 3 Water supply usage(ℓ/day)

washbowl (round)	136ea×9times/h×10 ℓ ×14h×0.4 = 68,544.0
Cleaning sink	30ea×9times/h×25 ℓ ×14h×0.4 = 22,680.0
Shower head	40ea×3times/h×42 ℓ ×14h×0.4 = 3,528.0
Restaurant	912.1/per.m ² ×30 ℓ/day.per = 27,363.3
Cafeteria	223.8/per.m ² ×30 ℓ/day.per = 6,714.6
Snack coner	117.3/per.m ² ×15 ℓ/day.per = 1,759.8
Total	130,589.7

Table 4 rainwater usage (ℓ/day)

Toilet bowl (Flush valve)	190ea×9times/h×15 ℓ ×14h×0.4 =143,640.0
Toilet bowl (One-piece)	20ea×9times/h×15 ℓ ×14h×0.4 = 15,120.0
Toilet bowl (Low tank)	5ea×9times/h×15 ℓ ×14h×0.4 = 3,780.0
Urinal	86ea×12times/h×5 ℓ ×14h×0.4 = 28,896.0
Total	191,436.0

(13,600 m²)으로 설정하였다. 식(1)에 연간 평균 강수량을 적용하여 우수 집수량(m³)을 산정하면 17832.5 m³/yr로서 화장실에서 사용되는 지하수(192 m³/day)의 25%를 우수로 대체할 수 있는 것으로 나타났다. 공항 내 여유 공지나 앞으로 추가로 증축되는 여객터미널 부분을 함께 고려하면 보다 많은 수량을 확보할 수 있을 것으로 사료된다.

여기서 일일 강수량과 사용량 및 최대 저유량을 보다 자세히 산정하여 경제성과 적용가능성을 검토하였다. 실제 저수조의 용량을 산정하기 위해서는 유입량과 유출량을 고려해야하며 유입량은 우수집수량(Q)으로 산정하고 유출량은 사용량과 월류량(overflow)으로 식(2)와 같이 계산된다.

$$Q = A \times I \times C \times E \tag{2}$$

또한 질량보존식을 고려하여 우수 저수조에 들어오는 유입량과 사용량을 매일 산정, 적산하여 계산할 수 있다.⁽⁵⁾

$$Y_t = \text{Min}(D_t, S_t) \\ S_{t+1} = \text{Min}(S_t + Q_t, R) \tag{3}$$

최근 강우량이 가장 적었던 2004년도 일별 강수량자료를 사용해 식(3)을 이용하여 사용량 및 잔류량을 분석하였다. 우수집수량 분석을 위한 기본조건으로 집수면적은 13600 m², 일일사용량은 식(1)의 계산결과를 참고하여 40 m³으로 설정하였다. 유출계수 0.9, 효율 계수는 0.8로 하고 저수조 용량은 기존 급수탱크의 재활용을 고려하여 1200 m³으로 설정하였다.

Fig. 9는 강수량과 우수 사용량을 일별로 분석하여 보여준다. 이와 같이 일일 강수량을 직접 대입하여 일별 사용량과 저장량을 검토한 결과 실제 사용량은 연간 8500.9 m³/yr으로 기존 여객

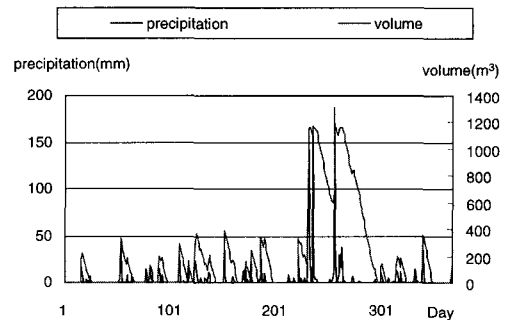


Fig. 9 Daily precipitation and rainwater usage.

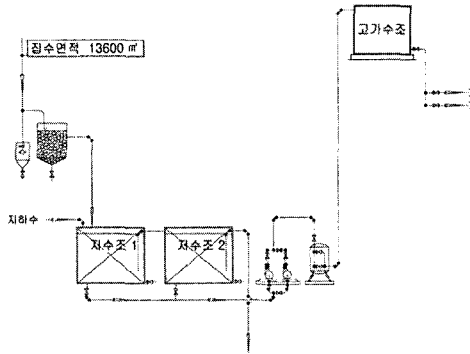


Fig. 10 Conceptual diagram of the rainwater system.

청사의 대, 소변기 수량의 12% 이상을 우수로 대체할 수 있는 것으로 나타났다. 특히 강우시 저수조 용량한계로 저장되지 않고 유출되는 우수량의 연간 누적량이 13060.67 m³/yr로서 빗물이용 잠재력은 더 큰 것으로 분석되었다.

4.1.4 우수시스템의 주요 설계전략

제주 증장기계획에 따라 앞으로 1700 m³ 규모의 급수시설이 추가 건설되면 기존 여객청사의 급수탱크를 우수 저수조로 활용한다. 집수면은 기존 여객청사의 지붕면을 활용하고 초기 우수는 옥상의 오염 물질 등을 고려하여 전자식 밸브로 자동배제되도록 설계한다. 증축되는 여객청사부분의 화장실 변기는 우수를 활용하도록 구분하여 배관한다. Fig. 10은 적용된 우수 시스템의 개념도를 보여준다. 이와 같이 우수시스템을 리모델링하여 통합 적용함으로써 연간 8500 m³이상의 상수(지하수)를 절약할 수 있으며, 연간 11,051,170원(사용요금 1300원/m³)정도를 절감할 수 있는 것으로 평가되었다.

5. 결 론

한정된 지하수 자원을 보전하고 대체수자원을 개발하여 효율적으로 활용하는 것은 제주도 환경보전을 위한 가장 중요한 이슈 중 하나다.

본 연구에서는 최근 증축과 리모델링이 계획 중인 제주공항을 대상으로 우수시스템을 적용함으로써 제주도 수자원 보전에 기여하는 환경친화적인 리모델링 방안을 제시하고자 하였다.

우수 집수면은 기존 여객청사의 지붕면을 활용하고 새로 증축되는 부분의 화장실 변기를 우수를 활용하도록 구분하여 배관하는 방안을 제안하였다. 그리고 공항 증축에 따라 1700 m³ 규모의 급수시설이 추가되면 폐기하기로 계획된 기존 여객청사의 급수탱크를 우수 저수조로 재활용하도록 하였다. 또한 최근 가장 강우량이 적었던 2004년 기후 데이터를 활용하여 우수 유입량, 집수량, 유출량 및 사용량과 저장량을 정밀 검토함으로써 우수시스템의 적용가능성을 평가하였다. 분석결과 연간 8500 m³ 이상의 상수(지하수)가 보전되고 연간 11,050,000원 정도의 사용요금이 절감될 수 있는 것으로 평가되었다.

후 기

본 연구는 학술진흥재단 연구비(과제번호 D00025)에 의하여 수행되었습니다.

참고문헌

1. Park, S. D., 2002, The comparison of green building rating systems, Joint Workshop of Green Building Rating Systems (Ministry of Construction & Transportation).
2. Jeju-do, 2003, Research on hydrological and geological features in Jeju Island, Vol. 3, Korea Water Resources Corporation.
3. U. S. Green Building Council, 1996, Sustainable building technical manual, Public Technology Inc.
4. The Society of Air-conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, 2001, Mechanical Equipment Handbook, Vol. 4, 1.3-11.
5. Han, M. Y. and Lee, I. Y., 2001, The application of the method to determine the optimum rainwater storage tank, Korean Society on Water Quality.
6. Kim, B. H., 2005, A case study on Green Remodeling of HVAC and water system in Jeju International Airport, MS thesis, Cheju International University, Cheju, Korea.