

산업단지내 친수시설 대안의 비교

Comparison of Alternatives of Water-Friendly Facilities in an Industrial Complex

정상옥*

Sang-Ok Chung

Abstract

Construction of the water-friendly facilities in the apartment complex and industrial complex became popular these days. In planning water-friendly facilities, kinds, layouts, water sources, water quality and water circulation system should be studies. In this study, several alternatives for a regional industrial complex project were studies and a most reasonable alternative was selected. A main canal across the central part of the complex is the principle facility with ponds and parks. The water source alternatives were a river nearby, a reservoir, ground water and urban water supply system. For each system, water quantity and quality, circulation system, permit and maintenance were compared. The facilities should be constructed with natural material such as rock and gravel. Average depth and velocity in the canal should be 10 cm and 0.15 m/s, respectively in order to people can feel the water flow in the canal. Based on the comparison, it is found that using the ground water, and water circulation system with storage tanks at the upper and lower ends of the canal system is the best alternative.

Key words: Water-Friendly Facility, River, Reservoir, Ground water, pond, canal

요 지

산업단지나 아파트 단지 내에 수로나 연못을 이용한 친수공간의 시설이 일반화 되어가고 있다. 단지내 친수공간의 계획에서는 시설의 종류, 배치, 수원, 수질 물 순환계획 등을 검토하여야 한다. 본 연구에서는 지방산업단지 내에 친수공간을 계획하는데 몇 가지 대안을 설정하고 이러한 검토항목에 대하여 비교 검토하여 가장 합리적인 대안을 선정하였다. 본 단지 내의 친수시설은 단지의 중앙부를 가로지르는 수로를 기본으로 하여 공원과 분수연못을 배치하는 것으로 하였다. 수원은 단지 옆을 흐르는 강, 단지 상류의 저수지, 단지 내 지하수 및 상수도를 고려할 수 있으며, 각각에 대하여 수량, 수질, 물 순환 방식, 인허가, 유지관리 등을 비교하였다. 친수시설은 돌과 자갈 등의 자연재료를 이용하여야 한다. 사람이 유량감을 느끼기 위하여 수로내의 평균수심은 10 cm, 평균유속은 0.15 m/s 정도로 한다. 여러 대안의 비교 검토한 결과, 강과 저수지는 사용허가와 수질관리가 어렵고 상수도는 물값이 비싸기 때문에 지하수를 사용하고, 상하류부에 저수조를 설치하고 펌프로 순환시키는 시스템이 가장 적합한 것으로 조사되었다.

핵심용어 : 친수시설, 강, 저수지, 지하수, 상수도, 연못, 수로

* 정희원 · 경북대학교 농업토목공학과 · E-mail : sochung@knu.ac.kr

1. 서론

단지내 친수공간이란 인간의 생활환경 내에 자연발생적으로 있어 왔거나, 또는 인위적으로 조성한 「물과 이와 연계된 주변공간」으로서 기능상 「인간 생활환경의 질에 긍정적인 영향을 미치는 휴게, 레크레이션 등 공간 환경기능」을 담당하는 공간이라고 정의 할 수 있다.

과거 친수공간의 활용은 물놀이, 휴식 등 소극적 이용이 주가 되었으나 현대에 와서는 인간생활 공간내 환경시스템 조절, 경관성 증진, 생물서식 및 레포츠공간으로서의 역할 등 다양한 기능을 수행하고 있으며, 특히 현대 도시공간내 각종 시설들과 연계되어 도시환경의 질을 결정하는 중요한 인자로 그 가치를 높이고 있다.

단지내 친수공간에는 자연하천은 물론이며 수로, 분수, 연못, 벽천 또는 실개천 등이 있다. 단지개발에서 친수공간은 콘크리트 일색인 단지에서 수변환경을 창출하여 휴식과 편안한 환경, 자연과 접촉하는 환경, 정서와 여유 있는 환경, 풍요로운 환경, 주변의 경관과 조화시킨 환경 등의 다양한 기능을 제공할 수 있는 새로운 환경을 조성한다 (한국토지공사, 1995a).

본 연구에서는 대구 봉무동의 산업, 주거 및 상업 복합단지 개발지구에서 상업단지 구역에 수로와 연못 등의 수변시설을 조성하여 물을 근간으로 한 도심지내 친수공간을 계획하는데 있어서 몇 가지 수원과 통수계통에 대하여 비교분석하여 최적의 대안을 제시하였다.

단지 내에 건설하는 수로 및 연못은 단지의 성격과 환경조건을 고려하여 규모와 구조를 결정하여야 한다. 수로는 잔디수로, 자갈수로, 돌쌓기 수로, 자연형 수로, 자른 돌 수로, 콘크리트수로 등이 있을 수 있으며, 단지내 공원구역에는 수목과 어울릴 수 있도록 친자연적인 재료를 사용하는 것이 좋을 것이다. 친수공간을 제공하는 단지내 수로의 바닥이나 사면에는 토양층을 조성하여 습지식물이나 수생식물의 서식환경을 제공하여 생태수로를 조성하는 방안도 함께 검토하는 것이 필요하다.

친수수로의 규모와 형상은 지형과 환경여건을 고려하여 결정하여야 한다. 수로의 재료, 폭, 깊이, 측면경사 등은 친수기능을 충분히 발휘할 수 있는 규모라야 한다. 수로의 규모는 수로 건설의 난이도는 물론 유지관리와 경제성을 함께 고려하여야 한다.

수로 재료는 공원에는 주변과 조화되게 자갈이나 돌쌓기 수로를 만들고, 상업지구에는 조약돌 수로가 좋을 것이다. 수로의 중간 중간에는 석재로 된 다리를 만들의 경관성과 이동성을 확보하면 좋을 것이다.

2. 사례조사

최근에 친수공간의 중요성을 인식하여 하천정비, 수로시설에는 물론이며 단지 조성사업에서도 친수 시설들이 많이 도입되고 있다. 파주운정지구, 용인 동백지구, 도곡렉슬 아파트 단지, 대구 대곡역 래미안아파트 단지 등의 주택단지와 창원 컨벤션센터, 김천 직지사 무궁화 공원 등에 친수시설이 도입되었다. 이들에 대한 시설의 개요는 표 1과 같다.

표 1. 친수시설 사례조사

(a) 수로

단지명	재료	단면형	규격 (m)			수심 (m)	유속 (m/s)	수원	정화시설
			상부폭	하부폭	깊이				
대곡역 래미안 아파트	자갈	포물선	1.5	-	0.3	0.1	0.10	상수순환	모래여과
신도림 대림4차 아파트	자갈	사다리꼴	1.6	0.6	0.25	0.07	0.35	상수순환	연못
도곡렉슬 아파트	돌	직사각형	0.8	0.8	0.4	0.1~0.2	0.10	상수순환	활성탄여과
김천 직지사 무궁화 공원	조약돌 콘크리트	사다리꼴	1.8	0.6	0.5	0.06	0.60	계류수	-
창원 컨벤션센터	자른 돌	직사각형	1.7	1.7	0.55	0.10	-	상수순환	정기적 교체

(b) 연못(분수)

단지(공원)명	재료	형상	규격(m)			수심 (m)	수원	정화시설
			가로	세로	깊이			
신도림 대림4차 아파트	돌, 자갈	타원형	10	10	0.25	0.15~0.50	상수순환	정화연못
도곡렉슬 아파트	돌	원형	8	9	0.6	0.1~0.2	상수순환	활성탄여과
창원 컨벤션센터	자른 돌	사각형	9	9	-	-	상수도	정기적 교체
경북대 만호원	콘크리트	원형	20	20	1.3	0.90	상수도	정기적 교체

3. 재료 및 방법

3.1 대상지역

본 연구의 대상지역은 대구광역시 북구 봉무동에 위치하는 사업면적 118 ha의 복합단지계획지구로 위치도와 배치평면도는 그림 1과 같다. 본 지구는 상부는 주거단지, 중부는 상업단지, 하부는 산업단지로 3개의 구역으로 구분된다. 본 지구의 서쪽에 인접하여 금호강이 흐르고 동쪽에는 단산저수지가 있다.

본 연구는 상업지구에서의 친수시설 계획에 대하여 조사하였다. 친수시설의 기본배치는 단지토지이용계획과 연계하여 단지의 동서방향으로 팔공로 동쪽의 소공원 2개소와 서쪽의 소공원, 광장 및 테마파크를 연계하는 수변공간 조성을 검토하였다.

기본 구상은 상업지역을 가로지르는 수로를 기본으로 하고 광장과 테마파크에 분수연못을 배치하는 것으로 계획하였다.



그림 1. 사업지구 토지이용계획도

3.2 수원과 수질

단지내 친수공간의 수원으로는 단지를 관통하는 기존 하천이나 수로로 흐르는 물이 있을 경우 이를 활용하는 것이 좋을 것이다. 단지 내를 흐르는 자연수의 흐름이 없을 때에는 친수시설의 적정 유량과 수위를 유지하기 위해 다음과 같은 사항을 고려하여 취수원을 선정하여야 한다.

- 요구수량을 지속적으로 공급 가능할 것
- 목표수질 확보가 용이할 것
- 취수원 이용을 위한 인허가 조건, 공사 및 유지관리가 용이할 것
- 경제적인 것 (공사비, 관리비 등)

단지내 친수공간의 수원으로는 기존 농업용수원(저수지 등)을 이용하는 방안, 하천수 이용, 복류수 이용, 지하수 개발, 우수 저류시설, 하수의 재이용 및 상수도를 이용하는 방안 등이 있다. 수원의 선정은 여러 가지 조사항목을 비교 검토하여 결정하여야 한다. 강과 서(2005)는 단지내 친수용수 수원은 수질과 수량을 고려하여 지하수와 상수를 이용하는 것이 추세이지만, 빗물을 저류하고 처리하여 친수용수로 이용하는 방안을 제시하였다.

농업용 수리시설을 이용하고자 할 때에는 시설관리기관인 한국농촌공사의 목적외 사용 승인을 받아야 한다. 또한 지하수를 개발하여 친수용수로 사용하고자 할 때에는 지하수 개발목적이 생활용(일반용/조경용수)으로 분류되며 개발규모에 따라서 1일 100톤 이하일 때에는 시군구에 지하수 사용신고를 하여야 하며, 이를 초과할 때에는 지하수 사용허가를 받아야 한다(건설교통부, 2006). 물론 허가를 받기 위해서는 지하수 영향평가를 하여야 한다. 하천수를 이용하기 위해서는 하천관리청의 승인을 받아야 한다.

우리나라의 환경정책기본법에는 국민의 건강을 보호하고 쾌적한 환경을 조성하기 위하여 호소 및 하천수질을 이용목적별로 Ia~VI 등급으로 환경기준이 설정되어 있다. 지하수 수질기준과 마시는 물 수질기준은 다른 법규에서 규정하고 있다. 단지내 친수시설의 목표수질은 친수용수의

경관성, 이용상 요구도, 및 관련자 요구도 등을 고려하여야 설정하여야 한다. 목표수질 설정의 영향인자는 다음과 같다.

- 관련법규
- 수질현황
- 이용상 (접촉성, 경관성, 생태성) 요구도
- 관련자 (이용자, 관할관청, 기타 협의·허가기관 등) 요구도
- 경제성, 환경영향성, 2차 오염성, 생태환경성 등

이러한 항목들과 기존 지구의 사례 등을 참고하여 목표수질 설정을 할 수 있다. 이 때 일정규모의 단일 수공간의 경우 목표수질 영향인자를 종합 분석하여 하나의 수질이 정해지는 경우도 있거나 수공간의 규모와 형태, 상호연계 정도, 이용목적, 경제성, 계절성, 기타 특수한 조건 등에 따라 여러 가지 다양한 목표수질이 있을 수 있다.

본 연구에서 사용가능한 수원으로는 금호강, 단산저수지, 지하수 개발 및 상수도가 있으며 이들에 대한 수량 및 수질 등을 비교 분석을 하여 최적 수원을 선정하였다.

3.3 수로단면 및 통수계통

친수수로는 사람이 보고 즐길 수 있어야 한다. 물론 여기서 친자연형 기능을 더하면 환경과 생태계의 보존에도 기여하게 될 것이다. 이를 고려하여 수로의 단면과 유속을 결정하여야 한다. 수로의 단면은 수로 재료와 연계하여 여러 가지를 고려할 수 있다. 친자연성을 고려하면 콘크리트 수로 보다는 자연석을 이용하는 것이 좋을 것이다. 또는 자갈수로나 생태수로를 구성하여 식물이 자랄 수 있는 환경을 조성하는 것이 바람직 할 것이다. 각 소공원 상류단에는 좀 높은 석재 구조물로부터 물이 흘러나오게 하는 것도 좋을 것이다.

수로의 흐름은 사람이 유량감을 느낄 수 있는 수심과 유속을 확보하여야 한다. 친환경 하천설계 기준에는 수심 3~5 cm를 확보하고 유속이 0.3~0.4 m/s가 되면 유량감을 느낄 수 있다고 하였다 (한국토지공사, 1996). 수로를 신도림 대림4차 아파트와 같이 자갈수로로 하거나 직지사 무궁화 공원과 같이 조약돌 붙임 수로로 할 경우에는 수로 폭이 1.8m 정도가 되어야 하며 수로 저폭은 0.6m 정도가 적당할 것이다. 소공원에 친수수로를 만드는 경우에는 공원법에 의하여 산책로 등의 시설면적과 포함하여 시설물 면적이 20%를 초과하지 않는 범위 내에서 수로 폭을 결정하여야 할 것이다.

수로 단면형과 수심 및 유속이 결정되면 유량을 계산할 수 있으며, 1일 가동시간과 통수계통이 결정되면 하루의 필요수량을 구할 수 있다.

친수시설의 통수계통은 상류의 공원에서부터 연속적으로 테마파크까지 흐르도록 하는 방안과 상류부 공원, 중심상업지구, 테마파크를 각각 구분하여 독립적인 통수계통을 가지도록 하는 방안을 비교 검토하여 선정한다. 또한 연속흐름으로 상류에서 하류로 흘러 강으로 배출하는 통수계통과 하류에 물을 다시 상류로 보내는 순환계통을 비교하였다.

연못도 가능하면 식물이 자랄 수 있는 생태연못이 좋을 것이나 유지관리상 어려운 경우에는 분수시설 등을 고려할 수도 있을 것이다. 유수 시스템은 순환시스템과 공급되는 물을 하류 하천으로 방류시키는 통수시스템을 고려할 수 있으며, 수량 확보는 물론 수질관리 방안도 충분히 검토하여야 한다.

3. 결과 및 고찰

3.1 수질

본 단지의 친수시설 목표수질은 용인 동백지구와 같이 3급수 이상으로 설정하였다. 따라서 BOD와 COD 농도는 수질등급 3등급에 해당하는 6 mg/L이하로, 대장균수는 이용자들이 물과 접촉할 수도 있으므로 보건 위생을 고려하여 수질등급 2등급에 해당하는 1,000 MPN/100mL 이하로 설정하였다.

금호강의 수질은 사업지구 인근의 환경부의 수질측정망(금호강 3번 지점)의 자료를 분석하였다. 2004년 4월부터 2007년 3월 까지 수질자료를 분석한 결과 COD가 5.3 내지 11 mg/L, T-N이 3.8 내지 6.8 mg/L, T-P가 0.14 내지 0.46 mg/L, 대장균수는 770 내지 22,000 MPN/10mL로 나타났다. 단산지는 집수면적이 작아서 봉무양수장에서 금호강 물을 저수지로 양수한 것이기 때문에 수질도 좋지 못하여 위의 목표수질을 충족시키지 못하였다. 따라서 금호강이나 단산지의 물은 목표수질을 초과하기 때문에 대규모의 수질정화시설을 설치하여야 이용할 수 있을 것으로 판단된다. 정화시설은 물리적, 화학적, 생물학적 시설로 구분할 수 있으며, 원수의 수질 현황에 따라서 처리공정을 결정하여야 한다.

단지내 지하수개발을 위하여 직경 150mm 깊이 100m 및 120m인 우물 2개를 굴착하였다. 지층은 충적층이 지표하 4-5m 깊이까지이고 그 아래 7m는 풍화대이고 그 아래는 연암층으로 조사되었다. 인근에 수질오염원이 없기 때문에 지하수 수질은 양호한 것으로 조사되었다. 물론 상수도를 이용할 경우에도 양호한 수질의 친수용수를 이용할 수 있다.

3.2 수원

본 지구의 친수용수 가용 수원으로는 금호강, 단산저수지, 지하수 개발 및 상수도를 생각할 수 있다. 단산저수지는 단지 동쪽 300m 지점에 있으며 하류의 농지에 용수공급을 하고 있다. 단산지의 유역이 작아서 금호강변에 양수장을 설치하여 1,300m 거리를 송수하여 저수지에 저수하며 용수공급에 충당하고 있다.

지하수는 암반지하수로 양질의 수질을 나타내고 있으며 양수시험 결과 공당 1일 100m³를 양수할 수 있는 것으로 조사되었다. 필요수량 산정 결과 더 많은 수량이 필요한 경우에는 사업 후반기에 새로운 우물을 굴착 할 수 있을 것이다. 상수도를 수원으로 하는 경우 물 값이 비싼 것을 제외하고는 좋은 대안이라고 판단된다. 종합적으로 볼 때 지하수 이용이 가장 좋은 대안으로 판단된다.

3.3 시설규모 및 통수계통

수로단면은 여러 가지 고려사항들을 감안한 결과 그림 3의 표준 단면형을 선정하였다. 본 사업지구는 단지내 수로임을 감안하여 평균수심을 0.1 m로 하고 평균유속을 0.15 m/s로 설정하였다. 공원내 수로는 산책로와 연계하여 자연석 돌쌓기 공법을 택할 경우에 수로단면은 상부 폭이 1m 정도, 수로 깊이는 0.5m, 측벽경사는 1:0.4, 수로 하부 폭은 0.6m 정도가 적당할 것으로 판단된다. 수로에서의 침투손실을 방지하기 위하여 자연석 쌓기의 경우 철근 콘크리트를 시공한 후에 돌쌓기를 하며, 자갈수로에서는 차수시트를 부설하고 그 위에 자갈을 시공한다.

상업지구와 테마파크는 소공원과 달리 광장바닥이 석재나 콘크리트로 될 것이므로 광장을 가로지르는 수로는 평균 폭 1.0m, 깊이 0.5m로 하고 수심은 평균 0.1 m로 하고 평균유속을 0.15 m/s로 하였다. 중앙광장과 테마파크에는 직경 10 m 정도, 깊이 1.5 m, 수심 1.0 m 정도의 원이나 사각형에 가까운 연못과 분수를 설치한다.

본 지구의 친수공간 용수공급 방법에는 연속흐름 방식과 순환방식을 고려할 수 있다. 물론 단산지의 농업용수계통이나 지하수의 수량과 수질이 만족스럽고, 전 수로구간의 용수계통의 시공이 용이하다면 운영측면에서는 상류단에서 하류단까지 일관된 연속흐름이 좋을 것이다. 그러나 시설비, 유지관리비, 유지관리의 난이도 등과 원수대금이나 펌프 전기료 등을 함께 고려하여야 할 것이다.

연속흐름은 상류단에서 물이 공급되어 하류단까지 흐른 후에 하천으로 방류하는 시스템이다. 경제성과 수자원의 효율적인 관리 측면을 고려하지 않는다면 요구되는 수량과 수질을 확보할 수 있으며, 수로시공이 용이하다면 연속흐름계통을 채택하는 것이 좋을 것이다. 물론 이 때에는 방류하천인 금호강의 수리 검토가 있어야 할 것이다. 모든 조건이 만족된다면 연속흐름 방식을 채택하면 유지관리에도 편리할 것이다. 그러나 지하수나 상수를 이용할 경우에는 많은 양의 물을 하류로 버리게 되어 수자원 이용측면이나 원수 대금이나 펌프 가동 비용 등의 경제적인 측면에서 채택하기 어려운 대안이라고 판단된다.

순환시스템은 상류단에서 공급된 물을 하류단의 저수조에서 모아 다시 상류단으로 양수하여 순환시키는 것이다. 이는 물을 순환하여 재이용하므로 수자원 이용측면이나 경제적인 측면에서 좋은 방안이라고 판단된다. 순환시스템도 연속흐름 계통과 마찬가지로 팔공로 지하차도 횡단의 어려움을 감안하면 친수시설의 용수계통을 동서구역으로 구분하여 운영하는 것이 바람직 할 것이다. 이 때 하부저수조의 저류용량은 친수수로 흐름이 정지될 때에 용수계통의 물이 모두 저수조에 도달하여 저장된다고 보고 이 물의 체적을 계산하고 여유깊이를 더하여 구할 수 있다. 순환은 하부 저수조에 펌프를 설치하고 150 mm의 관로를 설치하여 상부로 순환시킨다.

3. 결론

단지내 친수수로의 흐름은 사람이 유량감을 느낄 수 있는 수심과 유속을 확보하여야 한다. 본 사업지구는 이를 감안하여 평균수심을 0.1 m로 하고 평균유속을 0.15 m/s로 설정하였다.

본 단지의 친수용수 용수원은 단산지, 금호강, 지하수, 상수도 등을 고려할 수 있다. 단산지와 금호강 물의 수질은 3급수에 미달하기 때문에 친수용수로 이용하기 위해서는 별도의 정수시설이 필요하다. 또한 하천관리청이나 저수지 관리기관으로부터 인허가를 받아야 한다. 이러한 이유로 금호강이나 단산지 물을 용수원으로 이용하는 것은 타당성이 낮은 것으로 판단된다. 지하수나 상수도를 수원으로 이용할 경우에 수량과 수질은 양호하다. 경제성과 수자원 이용측면에서 지하수 이용이 더 좋은 대안으로 판단된다.

본 지구의 친수수로의 재료는 자연석, 자갈 또는 조약돌 등 자연재료를 사용하고 규모는 수심은 평균 0.1 m로, 평균유속을 0.15 m/s로 하였다. 중앙광장과 테마파크에는 직경 10 m 정도, 깊이 1.5 m, 수심 1.0 m 정도의 원이나 사각형에 가까운 연못과 분수를 설치한다.

통수계통을 연속흐름으로 하여 하류부에 도달한 물을 하천으로 배수하는 방안과, 이 물을 다시 상부로 보내어 순환시키는 방안을 고려할 수 있다. 수자원 관리와 절수 측면을 고려하여야 하면 순환시스템을 채택하는 것이 유리한 것으로 판단된다.

본 연구에서 단지내의 친수시설 수원으로서 지하수를 사용하고 통수계통은 순환시스템을 채용하는 것이 가장 좋은 대안으로 판단된다.