

# 광역상수도 관로노선 계획수립을 위한 GIS의 응용

김 주 환 (한국수자원공사 수자원연구소 선임연구원)

한국수자원공사 수자원연구소에서는 광역상수도 기본계획수립시 상수도 관로 노선계획 수립을 위한 GIS의 활용방안을 강구하기 위하여 1994년부터 1996년까지 "상수도계획을 위한 의사결정 지원시스템연구"를 수행하였다. 본 연구는 필자와 안창진 책임연구원, 최두용 연구원, 충북대학교 도시공학과 하성룡 교수 연구팀과 공동으로 수행되었으며 주요내용으로는 상수도 계획시 관로노선 및 정수장의 적지분석을 위한 GIS의 활용과 수도시설물의 적지선정과정에서 필요한 정성적 기준을 정량화함으로써 관로노선 및 수도시설물의 공간적 기준을 마련하고 이를 이용하여 관로노선 대안의 다양한 선정과 선정된 노선대안에 대한 수리적, 경제적, 사회적 요인들을 평가하여 효율적인 상수도 관로노선계획의 수립이 가능토록 한 것이다.

## 1. 서 론

산업체계와 생활양식의 구조변화에 따른 용수사용량의 증가는 사회기간산업으로서의 용수공급체계의 질적·양적 변화를 요구하게 되었으며 이러한 사회적 변화에 대응하기 위하여 용수의 주요 전달매체인 상수공급 시설의 확장과 더불어 신규 공급시설의 개발이 활발하게 계획 시행되어 왔다. 광역상수도의 신규 개발이나 기존 시설확장계획시에는 수리적 적정성이나, 경제성 타당성 및 토지수용에 따른 보상비 산정 등을 포함하며 계획에 대한 종합적인 자료의 수집, 분석 및 평가가 이루어져 의사결정자에게 효과적인 판단근거로서 제공되어야만 하며 그렇지 못할 경우에는

과대한 시설투자 또는 용수공급의 불안정을 야기시킬 수 있다. 특히, 광범위한 지역의 용수공급을 담당하고 있는 광역상수도 사업에는 막대한 비용이 소요되기 때문에 사업실시 전에 여러가지 대안을 검토하여 가장 적절한 계획이 수립되어야만 한다. 따라서 광역상수도 계획수립에 따르는 여러 기술적 및 사회경제적 요인을 하나의 정보체계내에 활용할 수 있는 종합적인 정보분석체계를 구축함으로써, 여러 조건의 대안들에 대하여 각종 모의 시험을 실시하고 그 결과를 비교분석 할 수 있는 의사결정지원시스템의 구축이 매우 필요하다 하겠다.

상수도계획을 위한 의사결정 지원시스템의 개발은 광역상수도의 신규개발 및 확장사업시 계획의 적정성을 종합적으로 분석하기 위한 것으로 대상지역의 지형공간정보, 관로의 수리적 안정성 및 사업의 경제적 타당성 등을 통합환경시스템 환경에서 공간지형정보와 연계하여 각각의 대안별로 비교할 수 있도록 함으로써 효율적인 광역상수도의 계획수립을 가능하도록 하였다. 이를 위하여 대상지역의 상수도 계획에 영향을 미치는 지형공간정보 D/B를 구축하고 지역별 표준지 공시지가 자료를 확률분석함으로써 확률지가 개념을 도입한 용지보상비의 산정과 지형조건에 큰 영향을 받는 관로 및 수도시설의 입지선정, 그리고 토지 이용 및 계획에 따른 법적 제한사항을 검토하여 지리정보시스템과 결합함으로써 관로 및 수도시설의 경제성 평가에 활용하였다. 그리고 관로 및 수도시설의 대안선정을 위한 공간분석 결과를 효율적으로 표현하기 위한 GUI 및 상수도 계획에서 요구되는 응용프로그램 및 인터페이스를 개발하여 통합시스템내에서 상수

도계획에서 요구되는 자료의 생성 및 분석에 활용하였다.

개발된 시스템의 현장 적용성 평가를 위하여 포항권 광역상수도사업을 대상으로 다양한 수리 및 경제 조건을 10가지의 노선대안에 대하여 모의실험하였으며 이를 검토하여 합리적이고 경제적인 상수도 계획안 수립에 도움이 될 수 있도록 하고자 한다.

## 2. 상수관로계획을 위한 의사결정 지원시스템의 설계

### 2.1 개발시스템의 기능

광역상수도 계획중 용수공급계통 계획(수도시설의 위치계획, 관로노선계획)에 요구되어지는 사회·경제·기술적 정보를 보다 체계적이고 신속하게 의사결정자에게 제공할수 있도록 하는 의사결정 지원시스템의 설계를 위한 기능은 총 6가지의 모듈로 구성된다.

#### ① 통합환경 제공 및 정보교환 환경제공기능

시스템이 지니는 각 부시스템 간의 이동 및 실행과 일의 구동을 위한 메뉴 제공과 서로 다른 컴퓨터 H/W간 호환성 및 형식이 다른 정보간의 상호교류를 위한 기능

#### ② 지리정보 제공 및 공간분석 기능

용수공급계통(관로노선 및 수도시설)이 위치해야 할 공간의 지형 및 지리학적 특성에 관한 정보를 제공하고, 적지선정에서 요구되는 각종 지형공간 분석기능을 제공한다

#### ③ 상수도계획 관련 경제분석 기능

관로계획에 따른 관자재 비용, 관부설 비용, 관로통과 노선의 토지보상비용과 취수장, 정수장, 가압장등 수도시설의 공사비 및 토지보상비, 향후 시설의 유지관리에 소요되는 유지관리비를 산정하는 기능

#### ④ 관로 수리해석기능

용수공급계통의 관로 수리학적 계통해석을 위한 기능

#### ⑤ GUI(Graphic User Interface)환경 제공 기능

각종 화상정보의 색인 및 출력의 환경제공을 위한 기능

#### ⑥ 의사결정지원기능

각종 대안에 대한 각 부시스템의 평가결과를 토대

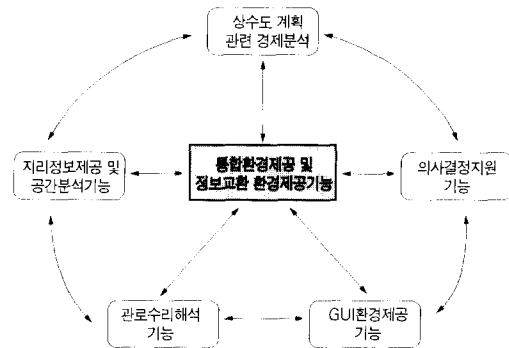


그림 1. 개발시스템의 기능적 구성

로 최종적인 종합대안 산정에 필요한 환경을 제공하는 기능 이상의 여섯가지 기능을 도식으로 표현하면 그림 1과 같다.

### 2.2 GIS를 이용한 적지 및 지형공간분석

#### 2.2.1 적지분석

광역상수도사업의 노선대안에 대한 최적의 입지를 선정하기 위해 다양한 사회적 및 환경기술적 요인을 결합시키는 가장 일반적인 방법으로 고려되고 있는 McHarg(1969)가 제안한 "Ecological View"적 관점의 공간분석개념을 사용하였다. McHarg의 적지분석 개념은 대상지역의 사회 및 환경기술적 각종 계층정보(Layer Information)에 의사결정 규칙으로서 제외규칙(Exclusionary Rule)을 적용, 대상지역중 시설 입지로서는 부적절한 지역을 대상영역에서 제외시킨 다음, 그 나머지 영역에 다른 정보층을 중첩 또는 지도적으로 추가시켜 제외시킴으로써 최종적으로 적정 입지의 후보지를 선정하는 방식이다. 또한 매우 넓은 공간을 대상지역으로 하는 광역상수도 계획의 특성으로 인하여 노선의 공간적 결정을 위한 판단이 매우 어려운 문제임을 감안하여 계획대상지역이 가지는 지형공간적 특성정보를 GIS 계층정보로 구축한 다음, 각 공간지물이 상수관로 통과와 관련성을 분석한 결과를 모두 합축한 새로운 정보 레이어를 지도의 형태로 출력하여 시스템 사용자에게 제공하였다. 즉, 노선 대안 결정을 담당하는 시스템 사용자가 노선대안 선정시에 활용할 수 있는 환경을 제공하는 Reference Map 개

표 1. 3차원 지형정보항목과 그 응용시스템

항 목	정 보 원	응 용 시 스템
경 사 거 리	등고선도, 관로위치	관로 수리해석과 경제분석
절 절 고 도	등고선도, 절점위치	관로 수리해석
등 고 영 역	등고선도	수도시설 적지분석
토 공 량	등고선도, 정수장 위치	수도시설 토공비용
곡 면	등고선도	공간형상 가시화 GUI

념을 도입하였다

### 2.2.2 지형공간분석

관로노선이 지나가는 지형은 평면이 아닌 3차원의 실제지형임을 고려하여 3차원 위상정보와 수도시설 공사를 위한 입지선정에서 요구되는 지역의 고도정보, 부지의 정지작업을 위한 절토 및 성토량 산정을 위한 정보 등을 제공할 수 있어야 한다. 표 1은 상수도 관로계획에서 요구되는 3차원 정보의 항목별 기준 정보원과 대상정보를 나타낸 것이다.

## 3. 정수장 및 관로노선 적지선정을 위한 공간분석체계

### 3.1 정수장 적지분석

정수장의 적정입지선정을 위한 적지분석과정은 크게 물리적 입지성, 사회적 입지성 및 시설편의성 등의 3단계 분석과정을 거쳐 이루어지며, 그림 2는 정수장 적지분석과정을 정리한 것이다. 물리적 입지성 분석은 지형특성으로서 고도, 경사, 요구면적 등을 고려하여 입지로서의 적합도를 평가하는 단계이며, 사회적

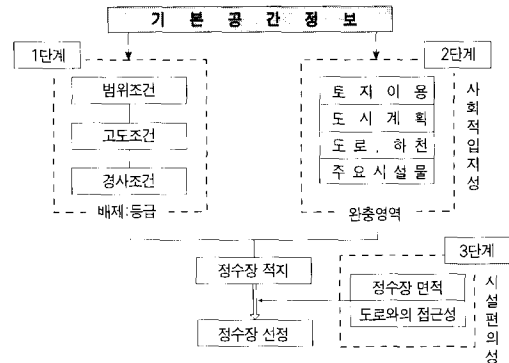
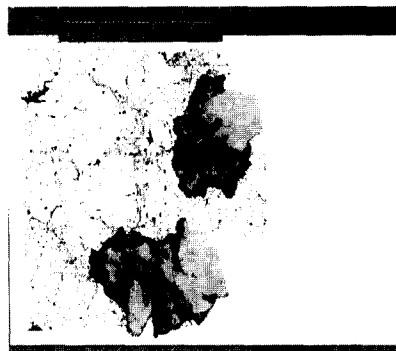


그림 2. 정수장 적지분석 과정

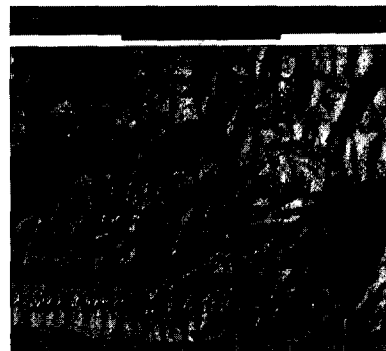
입지성분석은 대상지역의 토지이용, 도시계획, 도로, 하천 및 주요시설물과의 사회적관계성에 의한 입지의 적정성을 평가하는 단계이다. 물리적, 사회적입지성에 의해 정수장 적지가능지(Reference Map)가 선정되면, 선정된 적지가능지역에 대하여 정수장 시설용량에 따른 정수장 면적과 도로와의 접근성을 고려한 시설편의성을 분석하여 정수장을 선정한다.

### 3.2 관로노선 적지분석

Reference Map개념을 도입한 관로계획 노선설정을 위한 대상지역의 적지분석은 시설물별 완충영역기준에 의하여 실시하게 되며, 이 기준에 의거해 설정된 Buffer종류의 조합에 의해 병진, 횡단여부에 대해 종합적으로 평가하여 불가(red), 회피(yellow), 가능(green), 우선(blue)으로 구분함으로써 시스템 사용자의 편의성 향상을 도모할 수 있다. 그림 3은 관로노



(a) 관로노선 Reference Map



(b) 고도정보 출력

그림 3. 관로노선 입력과정 구현

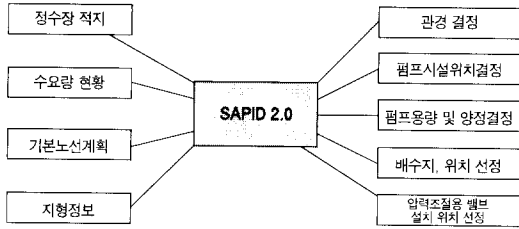


그림 4. 관망해석프로그램의 의사결정지원기능

선 입력시에 사용자가 참조할 수 있는 Reference Map과 고도 정보의 출력을 보여주고 있다.

#### 4. 관로수리해석 체계

관로내 수리해석을 위한 프로그램은 크게 3가지 기능으로 구성되는데, 초기화면과 메뉴등의 프로그램 지원기능, 시스템의 해석기능, 자료의 입력 및 출력결과 처리기능이 그것이다. 관망 해석프로그램을 상수도 계획에 이용하는데 있어서의 입력정보와 출력결과와 활용내용을 나타낸 것이 그림 4이다.

관망해석프로그램에서 사용되는 관로에 관한 정보와 절점자료 등의 입력자료는 공간분석 모듈의 출력자료로부터 거의 모두를 입력받을 수 있으며, GIS를 이용한 공간분석으로부터 관로노선에 관한 지형정보(관로길이, 관로흐름의 상하류 절점번호, 절점의 지반고)를 얻을 수 있는 인터페이스 프로그램을 개발하고, 관망 해석프로그램의 입력환경개선을 위하여 프로그램을 결합할 수 있도록 하였으며 수리해석의 결과를 화상으로 제공함으로써 관내 수압과 유속을 확인할 수 있고, 인쇄가 가능하다.

표 2. 광역상수도사업의 비용과 편익 항목

구분	비목	세부내역
비용	건설사업비	공사비 보상비 관리비및기타
	유지관리비	재료비 인건비 경비 일반관리비
편익	용수대	용수대 원수대, 정수대, 침전수대

### 5. 광역상수도 사업의 경제성 평가

#### 5.1 광역상수도 사업의 비용/편익 항목

광역상수도사업에 소요되는 비용은 크게 관로부설과 취수장, 정수장 및 가압장과 같은 수도시설의 건설에 소요되는 건설사업비와 시설완공 후 관련 시설물의 유지관리에 소요되는 유지관리비의 두가지 항목으로 구분되고 편익은 용수대에 의하여 결정되며, 각각의 세부내역은 표 2와 같다.

#### 5.2 공사비 산정

공사비는 관로와 수도시설의 공사비로 대별되고 관로공사비는 관자재비와 관부설비로 나눌 수 있다. 관로공사비는 부설구간에 따라 도로, 토사 및 터널구간으로 구분된다. 도로구간에 매설할 경우, 토지보상비가 들지 않는 대신 관부설비용 및 도로파쇄 및 복구에 드는 비용이 추가되고, 토사구간의 경우는 관자재비, 부설비 이외에 추가적으로 토지보상비가 추가된다. 터널구간은 관자재비 및 부설비는 들지않는 대신 터널공사비가 소요된다. 관자재비 및 관부설비용 계산식은 표 3과 같다.

표 3. 관로 공사비 산정 구조

<ul style="list-style-type: none"> <li>관자재 비용</li> </ul> $Pipe\ cost\ (\text{원}) = \sum_{i=1}^k \alpha \times L_i \times M_{cost}$ <p>subject to, k : 소요 관로 갯수  <math>\alpha</math> : 전년도 소비자물가 상승률  <math>L_i</math> : 관로 길이(m)  <math>M_{cost}</math> : 관로 단위길이당의 관자재 단가로서 관경 D(mm), 관종류(주철관과 강관)의 함수임.(원/m)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>관부설 비용</li> </ul> $Const\ cost\ (\text{원}) = \sum_{i=1}^k \alpha \times L_i \times C_{cost}$ <p>subject to, Ccost : 관로 단위길이당의 관부설 단가로서 관경(mm), 관종류(주철관과 강관) 및 통과 경로의 토지이용특성(토사구간과 도로구간)의 함수임(원/m)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>관로 공사비</li> </ul> $Total\ cost\ (\text{원}) = Pipe\ cost + Const\ cost$

수도시설의 공사비는 각각의 시설물별로 용량별 비용함수의 추정을 통하여 추정이 가능하며 정수장 공사비중 토공공사비는 전체 비용에 미치는 영향을 고려해 별도로 사면경사분석을 통해 토공비가 정수장 비용에 미치는 영향을 고려함으로써 추정될 수 있다.

### 5.3 토지보상비 산정

#### 5.3.1 토지보상비 산정시 문제점

토지보상비는 표준지를 기준으로 공시지가를 산정하는 경우, 광역상수도 계획같이 공공사업의 범위가 넓으면 다루어야 할 자료가 방대해지고 작업이 복잡해질 뿐만 아니라, 각 구역의 토지특성에 따라 개별 공시지가를 산정하여 총 토지보상비를 구하는데는 상당한 작업기간이 요구된다. 따라서 토지가격이 행정구역별, 토지이용별로 유사성을 가지는데 착안해 확률 분석을 통해 추정된 확률지가 개념을 도입해 토지보상비를 산정하는 것이 효과적이다.

#### 5.3.2 표준지 공시지가의 확률분포모형

표준지 공시지가의 확률분포 특성을 분석하기 위하여 대표적인 확률분포모형 (Probabilistic Distribution Model)인 Normal, Gamma, Log-Normal, Log-Pearson Type III, Gumbel 및 극치분포인 IWAI 모형을 사용하였으며 그림 5는 경주시 주거지역의 토지이용 권역별 Log-Normal모형의 분석 결과를 화상 출력한 것이다. 그림상의 점은 Plotting Position 공식중에서 가장 일반적으로 사용되는 Weibull 공식을 이용하여 얻은 결과이며, 다음식으로 나타낼 수 있다.

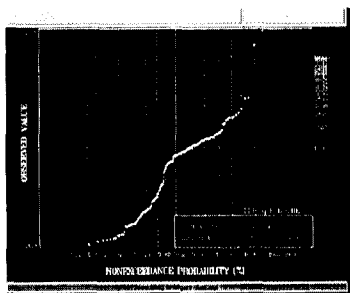


그림 5. 확률분포모형 검정 결과

$$F = 1 - \frac{m}{(1+n)}$$

여기서, F : 비초과확률

n : 총 표준지 공시지가의 자료수

m : 표준지 공시지가중 가장 큰 값을 1로 하여 나열 할때 지가의 순번

### 5.4 유지관리비 산정

유지관리비는 광역상수도 건설후 시설의 유지관리를 위해 소요되는 비용으로 건설사업비 못지않게 큰 부분을 차지하며, 이 비용의 산정은 원가배부기준 및 단가자료를 이용해 추정할 수 있다

## 6. 대안의 평가

### 6.1 다기준 평가기법 도입의 필요성

광역상수도 노선으로서 하나 이상의 대안이 고려될 경우 사회·경제·기술·안정성측면에서 대안별 평가를 통해 최적의 대안이 선정될 수 있다. 그러나 거의 대부분의 경우에 어떤 하나의 대안이 사회·경제·기술·안정성의 모든 측면을 동시에 최고로 만족시키기는 어렵다. 즉, 고려된 다수의 대안들 중에는 관로의 건설비 및 유지관리비가 적어 경제성은 우수하나 관내유속이 높아 수리적 안정성이 떨어지는 대안이 있을 수 있으며, 반대로 수리적 안정성은 높으나 경제성이 낮은 대안이 있을 수 있다. 또한 경제성과 수리적 안정성이 높은 대안이 있더라도 토지수용이나 시공상의 난이성을 내포하고 있을 수도 있다.

여러 종류의 다기준 의사결정(Multicriterion decision-making : MCDM)방법은 광역상수도 노선 선정 문제와 같이 다수기준(Multiple criteria)이나 서로 상충하는 다수목적(Multiple objectives)을 포함한 문제들의 해답을 구하는데 활용될 수 있도록 개발되어 왔다.

### 6.2 평가기준항목의 선정

다수의 대안들을 서로 비교·평가하기 위해서는 평가기준의 설정이 필요하며 광역상수도 노선선정의 문

제에 있어서는 수리적 안정성, 시공 및 유지관리의 난이성, 경제성, 토지수용의 난이성 등이 노선의 대안별 평가를 위한 기준으로 사용될 수 있으며, 일단 각 기준에 대한 측정치가 대안별로 산출되면 그 다음에 의사결정자(Decision Maker)가 추구하는 목적이 반영되어 최적의 대안을 선정하게 된다. 표 4는 본 연구에서 사용한 5가지 평가기준의 지표값 산출방법을 나타낸다.

### 6.3 다기준분석기법에 의한 의사결정체계

MCA(Multi-Criteria Analysis)는 Roy와 Nijkamp(1977)에 의하여 개발된 기법으로 판단기준과 정책대안이 많을 때 손쉽게 활용할 수 있는 방법이다. MCA의 평가는 정책적으로 혹은, 특정한 방법을 활용하여 설정된 대안평가기준의 가중치와 각 대안의

영향행렬을 활용하여 수행한다. MCA는 다음의 네가지 단계를 수행함으로써 최적의 대안을 찾아낸다.

- ① 공조일치집합(Concordance Sets)과 공조불일치집합(Disconcordance Sets)을 구분한다.
- ② 공조일치지수(Concordance Index)행렬과 공조불일치지수(Disconcordance Index) 행렬을 구한다.
- ③ 공조일치우위지수(Concordance Dominant Index)나 공조불일치우위지수(Disconcordance Dominant Index)를 구한다.
- ④ 총순위행렬을 구하여 비열위대안 또는 우수대안을 선정한다.

MCA의 한계는 기준들의 가중치를 외부에서 독립적으로 결정해서 도입해야 하는 것이다. 이러한 점을 보완하기 위해 합리적인 가중치 결정기법으로서 AHP(Analytic Hierachy Process)법을 적용하였다.

표 4. 평가기준의 지표값 산출 방법

<p>• 관로유속의 지표값</p> $G_v = \sum (V_i \times L_i) / \sum L_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m)$ <p><math>G_v</math> : 유속의 지표값 <math>L_i</math> : <math>i</math> 번째 관로의 길이</p> <p><math>V_i</math> : <math>i</math> 번째 관로에서의 실제유속(<math>R_v</math>)과 적정유속의 차</p> <p><math>R_v \geq 3.0\text{m/s}</math> 일 경우 : <math> R_v - 3 </math> <math>R_v \leq 1.0\text{m/s}</math> 일 경우 : <math> 1 - R_v </math> <math>1.0 \leq R_v \leq 3.0</math> 일 경우 : 0</p>
<p>• 절점수압의 지표값</p> $G_p = \sum P_i / n \text{ (총절점수)} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n)$ <p><math>G_p</math> : 수압의 지표값 <math>n</math> : 절점의 갯수</p> <p><math>P_i</math> : <math>i</math> 번째 절점에서의 실제수압(<math>R_p</math>)과 적정수압의 차</p> <p><math>R_p \geq 75.0\text{m/s}</math> 일 경우 : <math> R_p - 75 </math> <math>R_p \leq 5.0\text{m/s}</math> 일 경우 : <math> 5 - R_p </math> <math>5.0 \leq R_p \leq 75.0</math> 일 경우 : 0</p>
<p>• 시공의 난이성 지표값</p> $D_c = \sum (\alpha_i \times L_i) / \sum L_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m)$ <p><math>D_c</math> : 시공의 난이성 지표값 <math>L_i</math> : <math>i</math> 번째 관로의 길이</p> <p><math>\alpha_i</math> : <math>i</math> 번째 구간에서의 시공의 난이성 가중계수</p>
<p>• 토지수용의 난이성 지표값</p> $D_l = \sum (\beta_i \times L_i) / \sum L_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m)$ <p><math>D_c</math> : 토지수용의 난이성 지표값 <math>L_i</math> : <math>i</math> 번째 관로의 길이</p> <p><math>\beta_i</math> : <math>i</math> 번째 구간에서의 토지수용의 난이성 가중계수</p>
<p>• 경제성 지표값</p> <p>공사비, 토지보상비, 관리비 및 기타의 소계인 건설사업비와 재료비, 인건비, 경비, 일반관리비의 소계인 유지관리비를 합친 총비용이 지표값이 된다.</p>

## 7. 개발시스템의 적용성 평가

### 7.1 대상지역 및 시뮬레이션 범위

상수도계획을 위한 의사결정 지원시스템의 평가를 위하여 포항권 광역상수도사업을 대상으로 기본설계 보고서에 수록된 용수수요조사, 수원조사, 현지조사 등의 성과를 기초로 적용성을 검토하였다.

『포항권 광역상수도』사업은 기존의 『포항공업용수도』사업과 현재 개발중인 『영천도수로 건설』사업과 적절히 연계하여 경제적이고 효율적인 용수공급측면을 고려하여 시행할 필요에 의해 목표년도 2003년의 I 단계와 2011년의 II 단계의 단계별 용수공급 방안을 수립하였으며, 이에 따르면 I, II 단계별로 시설물을 분리하여 건설하는 방안이 채택되었다.

여기에서, I 단계 용수공급 방안에 대해서만 한정해 검토를 하였고, 기존의 포항공업용수도 도수터널이 없는 상태를 가정하여 영천도수로 유입수를 취수하는 취수원을 두가지의 경우로 나누어 각각의 경우에 대한 타당성 검토를 하였다. 첫번째는 영천댐에서 취수탑을 이용하여 취수하는 방식이고, 두번째 취수 방식은 영천도수로 출구에 연결관로를 두어 취수하는 것이다. 또한, 포항권 광역상수도사업의 범위에는 벗

어나는 지역인 광역상수도의 분기점에서 배수지까지 구간과 도수관로 중 포함분기의 장성정수장까지의 영역도 본 연구의 범위에 포함을 시켜 현장적용성을 평가 하였다.

본 시스템의 장점인 다양한 관로노선의 검토기능을 이용하여 기본설계에서 고려되지 못했던 정수장 적지를 찾아내는 시도를 하였고, 기존의 노선대안과는 다른 도·송수관로 노선에 대한 수리학적, 경제적, 사회 기술적 적용성 등의 검토를 통하여 보다 합리적인 기본설계가 이루어질 수 있는 가능성을 제시하였다.

### 7.2 대안선정을 위한 시나리오 및 노선대안 작성

시물레이션에 앞서 포함권 광역상수도 사업 지역에 대한 사전 자료를 검토하여 수도시설(취수장, 정수장) 및 관로노선(도수관로, 송수관로)의 적지로서 타당성을 검토하고자 하는 몇개의 대안을 선정하였고, 이를 조합함으로써 총 10개의 광역상수도 노선대안을 작성하여 대안의 수도시설과 관로노선에 대한 수리적안정성(유속 및 수압), 경제성(건설사업비, 유지관리비), 사회기술적 적용성(시공의 난이성, 토지수용의 난이성) 측면을 검토하여 최적에 가까운 대안을 제시하고자 하였다.

### 7.3 초기 수리해석 결과 및 보정

초기 수리해석 결과에 의해 수리적으로 불안정한 구간에 대해서는 다음과 같이 수리적 안정성확보를 위한 보정을 하였다. 먼저, 관경을 조정함으로써 저유속을 보정하고 간접적으로 고압이 발생하는 부분에 대해서는 압력을 낮춘다. 다음으로 저압발생구간에

대해 가압장치를 설치하며, 고압발생구간에 대하여는 접합정을 설치하여 수리적 안정성을 확보한다.

### 7.4 다기준 의사결정 기법을 이용한 최적대안의 선정

수리적으로 안정화된 노선대안에 대해 경제성분석을 실시한 후, 다기준의사결정법에 의해 종합적인 순위를 결정하였다. 표 5는 5가지 항목의 평가기준의 지표값의 가중치 행렬을 나타낸다

다기준 의사결정기법을 이용해 10개의 노선대안의 30%, 50%, 70%, 90% 비초과확률에 대한 순위결정을 한 결과 대안의 순위는 공조일치우위지수(Concordance Dominant Index)와 공조불일치우위지수(Disconcordance Dominant Index)의 차에 의해 결정되며, 모든 비초과 확률의 경우에 대해 각각의 대안 별로 평가되어 이 중에서 최적의 대안을 택할 수 있다.

## 8. 결 론

상수도계획을 위한 의사결정 지원시스템은 계획에 따른 각종 기술 및 사회·경제적 요인을 종합적으로 분석하여, 보다 합리적이고 효율적인 계획안을 제공하는 것으로 지형공간정보의 활용을 위한 GIS기법의 도입과 계획에 필요한 응용프로그램을 개발하여 통합함으로써 수행되며 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 상수도계획의 의사결정 지원시스템의 개발은 Simon이 제안한 합리적 의사결정모형이론에 준거하여 실시하되, 의사결정자가 지닌 직관적 의사결정과정 이 도입될 수 있도록 인지적 의사결정 개념을 동시에 고려하도록 하였다.

2. 상수도계획에의 GIS 활용 방안으로서 2차원 공간분석 개념인 McHargian적 적지분석기법을 도입하여 시설입지의 타당성을 평가할 수 있는 개념을 정립함으로써 GIS S/W인 ARC/INFO를 이용하여 구현하였다. 광역의 공간성을 지닌 상

표 5. 각 지표값에 대한 가중치 행렬

	관로유속	절점수압	시공난이성	토지수용난이성	경제성
관로 유속	1	2	1/3	1/4	1/2
절점 수압	1/2	1	1/4	1/5	1/3
시공난이성	3	4	1	1/2	3
토지수용난이성	4	5	2	1	3
경제성	2	3	1/2	1/3	1
가 중 치	0.103	0.066	0.295	0.377	0.158

\* 기준 j보다 기준 i가 중요한 비율

수도계획에 있어 반드시 고려되어야 할 3차원 공간분석기술의 정립을 위하여 정수장의 입지 및 관로 통과노선의 입지선정에 적용되는 각종 기술기준을 정량화하였으며 이 정량적 기준을 근간으로 한 지식베이스를 구축하였다.

3. 광역상수도 계획 수도시설 및 관로노선 대안입력을 위한 공간분석체계와 관로노선의 수리분석체계를 구현함으로써 실제 설계자가 분석결과를 다른 분석에 사용하거나 화상출력할 수 있도록 하였다.

4. 광역상수도계획 대안의 경계분석체계를 구현함으로써 상수도사업에 따른 비용산정을 위한 시스템을 구축하였다. 건설사업비중 공사비는 수도시설 건설에 따른 비용과 관로부설에 따른 비용으로 한정하였고 수도시설 및 관로노선 통과에 따른 토지수용의 보상비는 해당지역의 표준지 공시지가정보를 토대로 지역의 토지이용권역별 확률지가 개념을 도입하여 행정구역 단위, 토지이용특성별 확률규모에 따른 확률지가 행렬을 작성함으로써 대안별 계획관로의 설치에 따른 토지보상비 산정을 가능케 하였다. 유지관리비는 용수규모에 따른 재료비, 인건비, 경비 및 일반관리비를 합산함으로써 산정하였으며, 공사비와 유지관리비를 합산하여 총 비용을 산정하고, 분석기간을 고려한 대

안별 비용의 현가화하였다.

5. 광역상수도계획과정에서 보다 적절한 비교우위의 계획대안을 도출하기 위하여 고려되어야 하는 다양한 평가기준을 보다 합리적으로 고려할 수 있는 평가지표를 다단계 AHP법을 적용하여 관로유속, 절점수압, 경제성, 시공의 난이성, 토지수용의 난이성으로 도출하였으며, 이들 5가지 평가 지표를 대상으로 다기준 분석법(MCA)이 적용된 의사결정체계를 구현하였다.

6. 개발된 상수도계획 의사결정지원 시스템의 적용성을 평가하기 위하여 포항권광역상수도사업을 대상으로 정수장 적지 및 관로노선 선정을 위한 Reference Map을 이용하여 기존의 배수지와 계획 정수장위치에 따라 총 10가지의 관로노선 대안을 작성·평가하였다.

지금까지의 연구결과를 토대로 장래 시스템 개선을 위해서는 상수도계획 수립시 고려하여야 할 최적관경의 선정 및 각 배수지까지 관내수질의 안정성에 관한 기술적 사항들과 수도시설물의 적지선정에 필요한 구체적인 상수도 시설기준의 정량화 및 평가기준의 제시가 요구되며 장차 구축될 국가지리정보시스템 및 원격탐사자료와의 활용을 고려하여 이에 대한 지속적인 연구가 필요할 것이다. ●

#### 〈참고문헌〉

1. Congalton, Russel G. and Kass Green(1992), "The ABCs of GIS: An Introduction to Geographic Information Systems," J. Forestry, 90(11), pp.13-20.
2. Duker, Kenneth J.(1987), "Geographic Information Systems and Computer-Aided Mapping," J. APA, 53(3), pp.383-390.
3. Huang, P., Diekmann, J. and Fenis, s. (1995), "Pipeline Planning System," J. of Computiag in Civil Engrg., 9(2), pp.134-140.
4. Mark, D.M. (1984), "Automated detection of drainage networks from digital elevation models," Cartographica, 21, pp.168-178.
5. March, J.G. (1982), "Theories of Choice and Making Decision," Society, NOV./DEC., pp.29-39.
6. Pazavi, AmirH. (1995), ArcView Developer's Guide, Onward press.
7. Saaty, Tomas L.(1977), "A Scaling Method for Priortes in Hierachical Structures" Journal of Mathematical Psychology, 15.
8. (주)캐드랜드 (1992), Introduce to PC ARC/INFO 3.4D Plus.
9. (주)캐드랜드 (1994), Introduction to Workstation ARC/INFO 7.0, ESRI, ARC/INFO user Manual.
10. 시스템공학연구소(1994), 수질정보종합 관리시스템 개발: GIS 및 원격탐사기법을 이용한 환경정보추출 및 수질관리응용 시스템개발(2차년도), 한국과학기술연구원, 환경처, 과학기술처.
11. 한국수자원공사(1992), 일산 상수도 도형정보 시스템 구축 보고서, 한국수자원공사.
12. 한국수자원공사(1993), 관로시스템내 해석프로그램, SAPID 2.0 사용자 지침서, WRRI-WS-93-07, 한국수자원공사.