# 광역상수도 관로노선 및 수도시설의 적지선정 시스템 구축

## Suitable Site Selection System Construction of Inter-Regional Pipeline network and Supply Facility

하 성 룡* · 김 주 환** · 최 두 용*** · 성 노 성****
Ha, Sung Ryong · Kim, Ju hawn · Choi, Du Yong · Seong, Nho Seong

**요 지**

광역상수도의 수도시설 및 관로시설의 적지를 선정하기 위한 시스템에서는 GIS기법을 이용하여 공간정보를 입력하고, 분석하며 적정입지를 선정할 수 있는 기초를 마련하였다. GIS를 이용한 적지선정기법은 방대한 지형정보의 종합적인 관리와 분석능력 및 시각적인 표현능력을 갖추고 있어 광역상수도의 적정노선 결정에 적합하며, 그 이용도가 점차 증가하는 추세이다. 본 연구에서는 포항시를 대상으로 GIS를 이용한 광역상수도의 수도 및 관로시설의 적지선정 시스템에 대한 타당성을 검증하였다. 수치지도는 국가기본도와 주제도중 토지이용도와 도시계획도를 작성하였다. 구축된 지형정보에 관한 기술조건을 만족하는 공간분석항목을 바탕으로 가능대안을 마련하였다. 본 연구의 결과, 기존 수도시설 및 관로시설의 적지선정 방법에 비해 개발된 시스템을 이용할 경우 많은 시간과 비용이 줄었다.

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 필요성 및 배경

도시의 수평적·수직적 성장에 따라서 도시민의 생활 편익을 도모하는 공공시설물은 도시성장에 따른 공공 시설물의 광역화에 따라 지역적인 이해와 갈등, 경제적 조건, 사회적인 여건에 의해 그 중요성이 가중되고 있다. 광역상수도시설의 경우는 그 공간적 범위가 다른 공공시설에 비해 협소하고 긴 공간적 범위를 갖는 특성을 가지고 있다. 따라서 광역상수도 수도시설 및 관로시설의 적지를 선정하기 위해서 계획단계에서 부터 많은 전문가의 지식과 시간·비용이 들기 마련이다. 따라서 기존의 수도시설 및 관로시설의 적지 선정방법에는 많은 한계점을 내포하고 있다. 그러므로 광역상수도와 같이 광범위한 대상지역에 대하여 지형적인 특성을 고려해야 할 경우에는 보다 과학적인 분석기법이 요구된다. GIS(Geographic Information System;지형정보시스템)를 이용한 적지

* 충북대학교 공과대학 도시공학과 부교수
** 수자원연구소 상하수도연구부 선임연구원
*** 수자원연구소 상하수도연구부 연구원
**** 충북대학교 대학원 도시공학과 석사과정

선정 기법은 방대한 지형정보의 종합적인 관리와 분석능력 및 시각적인 표현능력을 갖추고 있어 광역상수도의 적정노선 결정에 적합하며, 그 이용도가 점차 증가하는 추세이다. 광역상수도 계획에 있어 GIS를 이용한 분석기법의 이용은 지형적 특성과 토지이용 특성을 고려한 대안별 경제적 평가의 신속성을 증진하고, 노선경로의 수리적 평가 및 수도시설물에 대한 대안설정 및 평가를 함에 있어 기존의 적정노선 선정방법에 비해 많은 시간과 비용을 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

### 1.2 연구목적 및 범위

광역상수도사업에 있어 수도시설 및 관로노선을 선정하기 위해서는 지형적 특성을 고려한 경제적·수리적 분석이 이루어져야 한다. 경제적으로 가장 좋은 대안일지라도 수리적으로 안정되지 못하면 수리적 안정성을 확보하기 위해 추가적 비용의 손실로 인해 비경제적으로 판단될 수 있다. 따라서 광역 상수도의 노선을 계획함에 있어 경제적 타당성 및 수리적 안정성을 동시에 고려하여 최적의 관로노선 대안을 설정하는 것이 바람직하다. 본 연구의 목적은 지형공간정보를 이용하여 공간분석된 내용을 중심으로 수도시설 및 관로시설의 적지를 선정하는 시스템을 개발하고, 개발된 시스템을 이용하여 광역상수도의 수도시설 및 관로시설의 적지를 선정하는 것이다. 그리고 연구범위는 경제성과 수리성이 종합적으로 분석된 후 적지가 선정되나, 본연구에서는 대상지역인 포항·경주지역을 대상으로 가능 수도시설 및 관로시설을 선정하는 방법제시로 그 연구범위를 한정한다.

## 2. GIS기법을 응용한 광역상수도 수로 및 관로시설 적지선정 방법론

### 2.1 GIS기법의 응용 가능성과 적지분석

사업입지의 최적지 선정을 위한 공간분석은 여러 사회적 및 환경기술적인 평가항목을 복합적으로 고려한 가운데 이루어져야 한다. GIS기법은 정보처리의 정확성, 대용량의 정보저장능력, 공간분석능력 및 대용량 공간정보의 표현능력을 가지기 때문에, 사업입지의 적지선정을 위한 공간분석에 유용하게 사용될 수 있다. 또한 GIS기법은 사회적, 경제적, 환경적 및 정치적 기준등 매우 다양한 정보 Layer를 토대로 사업입지를 선정할 수 있기 때문에 실제 사업의 적지선정을 위한 공간분석에 GIS기법 응용의 예는 점차 증가하고 있는 추세이며 더욱 보편화될 것으로 기대된다. 적지선정에 있어 여러 사회적 및 환경기술적 요인을 결합시키는 가장 일반적인 방법으로는 L. McHarg(1969)가 제안한 생태학적 관점의 공간분석 개념이다. McHarg의 적지분석 개념은 대상지역의 사회 및 환경기술적 각종 계층정보에 의사결정 규칙으로서 제외규칙을 적용하여 대상지역 중 시설입지로서 부적절한 지역을 대상영역에서 제외시킨 다음 그 나머지 영역에 다른 정보 Layer를 중첩 또는 지도학적으로 추가시켜 점차적으로 아를 제외시킴으로써 최종적으로 적정입의 후보지를 선정하는 방식이다. 또한 Hobbs et. al(1979)은 McHarg의 방법을 개선시킨 비중법을 제안했으며, 이 방법은 각기 다른 비중을 각 정보 Layer에 차별 부여함으로써 정보의 중요성에 따라 차별적으로 정보의 가치를 의사결정에 반영하는 개념이다. GIS의 분석기법에서 Layer의 Feature Type의 속성을 결합하는 방법은 Union, Intersect, Identity로 대별될 수 있으며, 결합된 Layer를 통해서 제외될 또는 필요한 정보를 선택하는 방법은 Select, Reselect, Aselect, Nselect로 나타낼 수 있다. 또한 Buffering을 통해서 완충지역을 설정하여 적지로서의 적절성이나 부적절성을 나타낼 수 있다.

### 2.2 광역상수도 수도 및 관로시설 적지선정을위한 분석절차

광역상수도 관로가 통과하는 노선은 추후 용지매수 및 시공의 용이성을 감안하여 선정되어야 한다.

이를 위해 관로통과 지역의 시설물과 지형적 여건에 대한 사전 검토작업이 선행되어져야 한다. 또한 수도시설물 역시 입지로 선정되기에 부적합한 곳은 계획단계에서 최대한 고려하는 것이 좋다. 이를 위한 공간분석 절차는 다음과 같으며 그림으로 표현하며 그림 2.1과 같다.

- 관련 법규상 규제사항 검토
- 완충영역설정(buffering)에 의한 노선통과 및 시설물 입지 불가지역 검토
- 공간정보를 토대로 적지선정을 위한 정보의 통합
- 지형적 여건을 고려한 관로노선 및 수도시설물입지 대안 선정

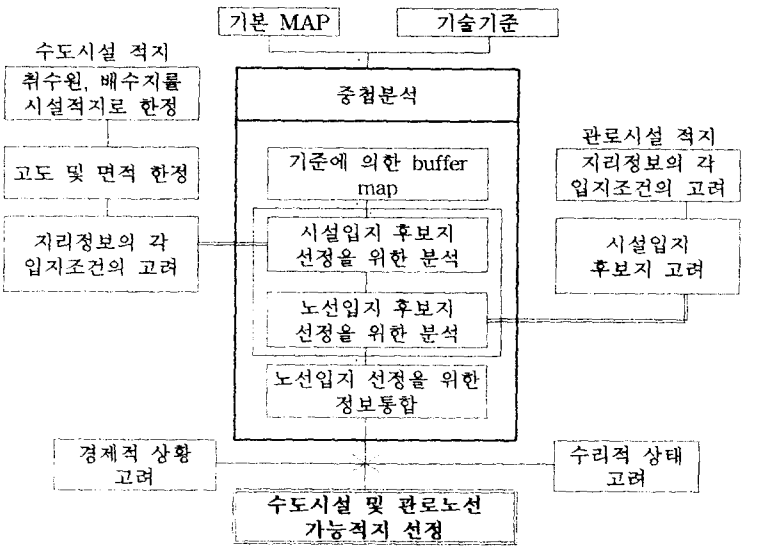


그림 2.1 상수도계획을 위한 수도시설 및 관로시설 분석절차

## 2.3 공간분석의 기술기준

가. 지형 및 시설물의 분류

- 점형 시설 : 실제는 면적을 가지고 있지만 지도상에 표현된 축척으로는 면적산정이 곤란한 항목
- 선형 시설 : 폭이 고려되지 않고 중심선만으로 지도상에서 그 위치가 파악되는 항목
- 면형 시설 : 실제의 면적을 고려할 수 있는 시설물

나. 완충역역설정(buffering)의 필요성

면적을 가지는 면형시설 항목은 별도의 면적을 산정하지 않아도 되지만 점형, 선형시설항목 같은 장애물은 면적이 표현되지 않기 때문에 관로와 수도시설물의 장애가 되는 영역을 표시할 필요가 있다. 이는 완충영역설정(buffering)이란 작업을 통하여 정해주며 점형시설 항목은 중심점에서의 거리로, 선형시설 항목은 중심선을 기준으로 양폭의 거리로 산정한다. 예를들면 하천망의 경우 실폭하천 같은 경우는 면의 영역이 이미 설정되어 있고, 하천지천의 경우는 완충영역거리(buffering distance)를 입력시켜줌으로서 영역을 표시한다.

다. Buffer의 종류(판단기준)

표 2..1 Buffer의 종류

| 구분 | code 1 | code 2 |
|---|---|---|
| 관로시설 | ①관로 통과(병진) 절대 불가<br>②관로 통과(병진) 가급적 피할 것<br>③관로 통과(병진) 가능<br>④관로 통과(병진) 우선적 고려 | ⓪횡단 항목 없음<br>①횡단 가급적 피할 것<br>②횡단 가능 |
| 수도시설 | ①수도시설 설치 절대 불가<br>②수도시설 설치 가급적 피할 것<br>③수도시설 설치 가능<br>④수도시설 설치 우선적 고려 | 해당사항 없음 |

관로노선 통과(병진) 및 수도시설물 설치를 위한 버퍼의 종류에는 표 2.1의 code 1과 같이 4가지로 분류하였다. 그러나 고려하는 시설항목 중에는 폭보다 길이가 훨씬 큰 하천망과 도로망 등은 관로가 병진해서 가는 경우와 횡단하는 경우 등 2가지를 고려해야 할 경우도 있다. 따라서 관로의 경우는 횡단의 가능성을 고려하여 code 2를 추가하여야 한다. 그러나 표 2.1의

code 2는 의사결정 지원시스템에서는 고려하기가 어려우며 의사결정자가 직접 결정해 주어야 한다.

### 2.4 등고선 정보의 영역화

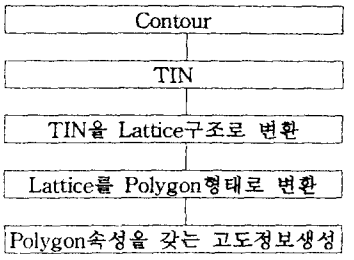


그림 2.2 Polygon 속성을 지닌 고도정보의 영역화 과정

등고선의 정보는 원래 선(Line)의 속성을 갖고 있다. 그러나 수치지도를 이용한 다양한 분석내용중에서 고도에 관한 정보를 고려할 필요성이 있는 적지분석의 경우 line형태의 속성을 갖는 등고정보로는 그 기능이 불가능하게 된다. 따라서 선 속성의 contour정보를 polygon속성의 형태로 변경할 필요성이 있다. 등고정보를 토대로 면형태로의 변환과정 절차는 다음 그림 2.2와 같다.

## 3. 대상지역에의 적용 및 고찰

### 3.1 대상지역의 선정 및 공간정보 구축

광역상수도의 수도시설 및 관로시설의 적지선정 시스템을 적용하기 위한 대상지역은 포항·경주 지역으로 하였으며, 필요한 공간정보는 국가기본도의 정보를 수치지도화 하였으며, 수도시설이나 관로시설의 입지선정 기술기준을 토대로 하여 수도시설과 관로시설에 적절한 공간분석을 한다. 먼저 수도시설의 입지를 분석하고 예상되는 수도시설중 정수장의 입지를 결정하고 그 정수장을 경유한 관로시설의 적정입지를 선정한다. 또한 본 연구의 검토대상은 기존 시설 및 구역 뿐만아니라 계획시설 및 구역 그리고 지형도상의 등고선 자료가 사용되었다. 이를 위해 국토기본도와 도시계획도, 지형도 등의 항목들을 검토하여 기준들을 설정하였으며, 특히 도시계획도 상에 표시된 계획시설물의 경우 관계법령이 되는 문화재보호법, 자연공원법, 도시공원법, 도시계획법 상의 제한사항들을 검토하였다.

### 3.2 대상지역 적지선정 조건 및 완충영역설정 범위

대상지역의 적지선정 조건과 의사결정사항은 표 3.1과 같다. 정수장의 경우 범위조건, 면적조건, 고도조건 및 위치조건을 토대로 적절한 정수장 위치를 결정할 수 있으며, 관로시설의 경우는 정해진 취수원을 시작으로 정수장을 경유하여 각각 배수지로 분지하는 노선망을 갖는다. 그리고 수도시설이나 관로시설의 적지노선의 적정성과 부적절성을 판단하기 위해서 표3.2(기타 Layer는 생략함)와 같이 각

표 3.1 광역상수도의 적지선정조건 및 의사결정사항

| 구분 | 적 지 선 정 조 건 | 의사결정사항 |
|---|---|---|
| 정수장 | ①범위조건<br>- 취수원으로부터 가장 먼 배수지와 가장 가까운 배수지의 중간점을 구하고, 취수원을 중심점으로 하고 중간점까지의 거리를 반경으로 하는 원을 그린다<br>- 가장 먼 배수지를 중심점으로 하고 취수원까지의 거리를 반경으로 하는 원을 그린다<br>- 위의 두조건을 만족시키는 공통범위를 선정한다<br>②면적조건<br>- 정수처리용량에 따라 40,000㎡<면적<70,000㎡.<br>③고도조건<br>- 취수지점보다는 고도가 낮고 각 배수지들보다는 고도가 높은 곳을 선정한다. 95m(80) < E.L < 138m(140)<br>④위치조건<br>- 2차선 이상 도로에서 가급적 가까울 것<br>- 도시지역에서 가급적 가까울 것<br>- 보상가가 가급적 쌀 것<br>- 진입도로 개설이 용이할 것<br>- 경사가 가급적 완만할 것 (10% < 경사도 < 15%) | ①정수장수<br>②정수용량<br>- |
| 관로 | ①우선적 통과노선 ②평지지역<br>③직선거리로 최단거리 ④장애물 조사 | ①관로결정(도면상) |

각 Layer 에 대해서 완충 영역범위를 설정하였다.

### 3.2 대안선정을 위한 공간정보 구축 및 분석

광역상수도 수도시설 및 관로시설은 각각의 적지선정조건을 토대로 완충영역설정(Buffering), Layer의 결합등의 분석을 통하여 공간분석을 하고, 적절한 수도시설을 선정하고, 관로시설의 가능대안을 마련한다. 개발될 광역상수도 관로 및 수도시설의 적지선정을 위한 시스템의 메뉴화면은 그림3.1과 같다. 시스템내에서 적지선정을 위한 공간분석을 위해서 국가기본도의 기본정보(등고선, 도로망, 하천망, 중요시설물 등)와 주제도(토지이용도, 도시계획도 등)를 수치지도화 했으며, 그중에서 그림 3.2은 토지이용도의 수치지도를 보여주고 있다. 그리고 그림3.3는 중요시설물의 Point정보에 대해서 완충영역을 고려한 분석도이다. 그림 3.4은 도로망의 완충영역 분석도이다.

표 3.2 완충영역 설정 범위

| 시 설 항 목 | | 관 로 | | 수 도 시 설 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | buffering distance | buffer 종류 | buffering distance | buffer 종류 |
| 점형 | ▷ 점적장애물 | | | | |
| | 학교, 온천, 성곽 | 200 m | ①-⓪ | 400 m | ① |
| | 명승고적, 능묘, 묘지, 절, 교 회, 기념비 | 100 m | ①-⓪ | 300 m | ① |
| | 공장, 광산, 목장, 채석장, 높 은탑, 풍차, 수차 | 50 m | ①-⓪ | 200 m | ① |
| 선형 | ▷ 기존도로망 | | | | |
| | 4차선포장, 고속국도 | 24 m | ③-② | 30 m | ① |
| | 2차선포장 | 14 m | ③-② | 25 m | ① |
| | 2차선포장 | 14 m | ④-② | 25 m | ③ |
| | 1차선포장/비포장 | 5 m | ④-② | 20 m | ③ |
| 면형 | ▷ 하천망 | | | | |
| | 저수지, 호수 | polygon | ①-⓪ | polygon | ① |
| | 실폭하천(유제방) | polygon | ③-① | polygon | ① |
| | 실폭하천(무제방) | polygon | ②-① | polygon | ① |

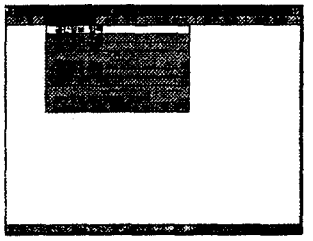

그림3.1 시스템 메뉴화면

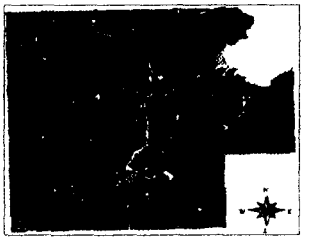

그림3.2 토지이용도

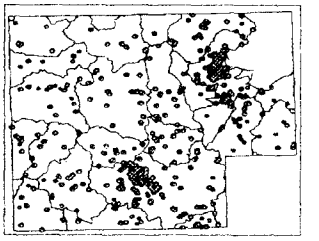

그림3.3 장애물 완충영역

3.3 Reference Map 작성 및 가능 수도 및 관로시설의 결정

광역상수도계획의 문제점을 해결하기 위해서 지형공간정보를 구축, 분석한 다음 의사결정자가 종합된 정보를 보고 적지를 선정할 수 있는 Reference Map를 작성할 필요가 있다. Reference Map를 토대로 그림 3.5는 여러가지 수치정보와 적정입지 선정기술기준에 의한 정수장의 가능 적정입지 분석도이며, 그림3.6는 관로노선선정을 위한 공간분석도로서 도로, 하천, 도시계획도, 가능정수장위치등의 많은 공간정보를 토대로 작성된 수치지도이다. 이러한 공간분석을 토대로 해서 그림3.7은 대상지역내에서 가능한 적정관로노선을 보여주고 있다. 이렇게 선정된 관로시설의 몇가지 대안에 대해서 수리적 안정성과 경제적 타당성을 고려하여 최적의 관로시설을 선정할 수 있다.

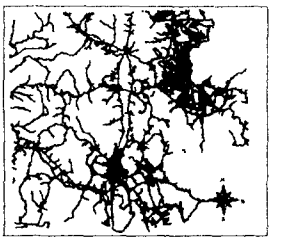

그림3.4 도로망 완충영역

## 4. 결 론

본 연구의 결과로부터 광역상수도의 수도시설 및 관로시설의 적지를 선정하기 위한 시스템에서는 GIS기법을 이용하여 공간정보를 입력하고, 분석하며 적정입지를 선정할 수 있는 기초를 마

그림3.5 수도시설 적지분석

그림3.6 관로시설 적지분석

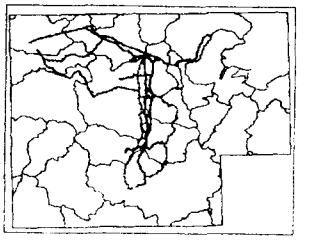

그림3.7 가능 관로노선

련하였다. 본 연구를 통해서 포항·경주시를 대상으로 하여 GIS를 이용한 광역상수도의 수도 및 관로시설의 적지선정 시스템에 대한 타당성을 검증하였다. 특히 수도 및 관로시설의 적지선정을 지원하기 위하여 GIS 공간분석 결과를 토대로 대상지역의 모든 관련 정보가 함축된 Reference Map를 작성하였다. 작성된 Reference Map을 이용하여 대상지역의 광역상수도 수도시설 및 관로시설의 가능대안을 마련하였다. 본 연구의 결과, 기존의 수도시설 및 관로시설의 적지선정 방법에 비해서 개발된 시스템을 이용할 경우 많은 시간과 비용을 절감할 수 있었다. 장래에 보다 적절한 수도시설 및 관로시설의 적지를 선정하기 위해서는 경제적타당성과 수리적안정성의 고려가 요구되어진다.

## 5. 참고문헌


Dueker, Kenneth J.(1987), "Geographic Information Systems and Computer-Aided Mapping," J. APA, 53(3), pp383~390.

Hobbs, Benjamin F. and Michael D. Rowe.(1979), "A Comparision of Regional Screening Methodlogies, Prepared for the site Commission Upton," N.Y.:Brookhavn National Laboratory.

HopKins, Lewis E.(1977), "Methods for generating land suitability maps : A comparative evaluation," J. Amer. Inst. of Planners, 43(4), pp386~400.

Huang, P., Diekmann, J. and Fenis, s. (1995), "Pipeline Planning System," J. of Computiag in Civil Engrg., 9(2), pp.134~140.

McHarg, Ian(1969), Degign with Nature, Garden city, N.Y. : Doubleday / The Natural History Press.

Pike, R.J. (1988), " The geometric signature : quantifying landslide terrain types from digital elevation models." Mathematical Geology 20(5) : 491-510.

Schaake, J. and Lai, D.(1969), "Linear programming and dynamic programming application of water distribution network design," Rep. 116, MIT Press, Cambridge, Mass.

(주)캐드랜드 (1992), Introduction to PC ARC/INFO 3.4D Plus.

(주)캐드랜드 (1994), Introduction to workstation ARC/INFO 7.0. ESRI, ARC/INFO user Manual.

시스템공학연구소(1994), 수질정보종합 관리시스템 개발: GIS 및 원격탐사기법을 이용한 환경정보 추출 및 수질관리응용 시스템개발(2차년도), 한국과학기술연구원, 환경처, 과학기술처.

한국수자원공사 (1993), "관로시스템내 해석프로그램, SAPID 2.0 사용자 지침서"

한국수자원공사 (1994), "상수도 계획을 위한 의사결정지원시스템연구 - 관로계획을 중심으로(1차년도)"

한국수자원공사 (1995), "상수도 계획을 위한 의사결정지원시스템연구 - 관로계획을 중심으로(2차년도)"