

GIS를 이용한 上水管網解析

심순보¹·김주훈²·고덕구³

1. 緒論

最近 都市領域의 急激한 擴張으로 인해 給水需要 및 上水道 施設物이 증가하여 手作業에 依存하는 現在의 上水道施設 資料 및 情報의 收集, 作成, 活用體系는 빠른 速度로 變化해 가는 社會의 諸般與件을 考慮해 볼때 그 限界를 드러내고 있다. 또한 上水道 需要의 急増과 都市擴張으로 인한 새로운 需要의 發生에 따른 新管 設計時에 既存의 管網에 대한 評價를 통하여 有利한 路線을 選定하고 斷水와 같은 非常時에 빠르고 精確한 對應을 하기 위하여, 水壓 및 水量을 포함한 水理學的 分析을 신속하게 수행할 수 있는 도구로써 종합적인 管網解析시스템이 必要하다.

따라서 本 研究의 목적은 GIS (Geographical Information System: 地形情報 시스템) 와 管網解析프로그램을 有機的으로 關係시킴으로써 上水道 管網의 變化에 대해 신속히 대처하고 管網解析 프로그램의 입력 자료를 자동으로 발생시켜줄 뿐 아니라, 해석 결과를 그래픽 처리를 통해 지리적 위치와 함께 파악할 수 있도록 하는 上水管網解析 소프트웨어를 開發하는데 있다.

2. 研究의 方法

GIS를 이용한 上水管網解析 시스템의 개발을 위한 하드웨어로는 IBM PC호환의 PC-486을 사용하였으며, 상수관망에 관련된 지형 및 속성자료의 관리는 가장

1충북대학교 토목공학과 교수, 수자원·수질연구센터 소장

2충북대학교 대학원 토목공학과 석사과정

3충북대학교 수자원·수질연구센터 연구 조교수

보편적으로 쓰이고 있는 GIS 패키지인 PC-ARC/INFO를 사용하였다. 한편 관망 해석을 위한 소프트웨어로는 현재 實務에서 가장 널리 사용되고 있는 Hardy-Cross법에 의한 기존의 관망해석 프로그램을 사용하였으나, GIS와의 인터페이스를 위해 일부 入·出力 부분을 수정하였으며 FLOWNET이라고 命名하였다.

GIS와 관망해석 프로그램간의 인터페이스 및 그래픽 출력을 위한 모듈을 포함하는 使用者 인터페이스 소프트웨어는 ARC/INFO가 제공하는 프로그래밍 언어인 SML(Simple Macro Language)에 의해 개발하였다.

한편 개발된 시스템의 試驗適用을 위한 示範地域으로는 忠北 濟州市를 선택하였으며, 청주시의 1:10,000 축척의 상수관망도와 함께 1:25,000 축척의 행정구역도, 도로망도, 하천수계도를 디지털라이징 (digitizing) 및 스캐닝 (scanning)에 의해 입력하여 數值 地圖化하였으며, 屬性情報로써 관망해석에 필요한 管의 길이 및 直徑, 流水方向 등의 제원과 行政區域別 人口 등을 입력하였다.

3. 管網解析

Hardy-Cross법에 의한 管網解析은 各 管의 交叉點과 回路에 對하여 交叉點方程式과 閉鎖回路 方程式을 설정하고, 連續方程式을 滿足시키도록 流量을 假定한 다음, 假定된 流量을 漸次的으로 補正해 나감으로써 各 閉合管路內의 流量을 平衡시키도록 하는 方法이다.

3.1 管網解析 프로그램의 構成

管網解析을 위한 프로그램 FLOWNET은 FORTRAN77 언어에 의해 개발되었으며, 1개의 주프로그램과 8개의 부프로그램으로 구성되어 있고 각 프로그램의 기능은 Table 1과 같다.

Table 1 List of subprograms for the pipe network analysis

Program Name	Function
FLOWNET	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 입력되는 데이터파일을 읽고, 각 관의 특성제원에 따른 K값을 계산하고, 유입되는 유량과 유출하는 유량을 계산하고 유출입 유량의 합이 0이 되는가를 판단한다.
CHECK1	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 파이프와 절점간의 연결상태 에러를 찾는다.
INIT	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 처음유량을 계산하고 유입유량과 유출유량의 차를 계산한다.
SEARCH	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 루프의 수를 계산하고 유입유량이있는 절점을 찾는다.
NUMBER	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 각 루프에 번호를 부여한다.
ADJUST	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 흐름이 없는 파이프의 검토 및 조정
PUMP	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 가압펌프가 DH/DQ가 부압이 아닌곳에 설치되었을 때의 펌프파라메타를 보이고, 관망을 구성 하는 MATRIX를 계산하고 해를 구한다.
ANAL	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 각 파이프의 유량, 경사도, 유속 및 각 절점에 대한 동수경사선과 수압을 계산한다.
CHECK2	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 계산 수행시 각 루틴에서의 오차확인

3.2 資料의 入力 및 出力

FLOWNET은 4개의 입력 파일로 부터 관망에 관련된 각종 자료를 읽고, 계산을 수행하여 관로 및 절점에 관한 분석 결과를 별도의 파일에 출력하도록 되어 있으며 입·출력 파일의 내용은 Table 2와 같다.

Table 2 List of input files and output files for FLOWNET

	File name	Contents
Input file	OPTION.DAT	fomular & unit selection
	PIPE.DAT	number of pipes, pipe number, pipe length, diameter, coefficient roughness
	NODE.DAT	number of nodes, node number, demand, ground elevation, fraction of input flow
	PUMP.DAT	site of booster pump, pump capacity
Output file	PIPE.OUT	K, flow, head, gradient, velocity
	NODE.DAT	HGL, pressure

4. 地形 및 屬性情報의 구축

각 主題圖의 단위가 되는 커버리지 (coverage) 들의 내용 및 구성은 Table 3 에 나타낸 바와 같다.

Table 3 List of coverages and their attributes for the pipenet analysis system

Coverage name	Data Type	File name	Attribute
DISTRICT	Polygon & Attributes	LUT.DBF SEL.DBF	code_id dong_name, population, code_id
PIPENET	Arc & Attributes	PIP.DBF NOD.DBF RES.DBF LI.DBF	pipe attribute (length, diameter, ...) node attribute (demand, elev., ...) HGL, pressure PIP.DBF + NOD.DBF + RES.DBF
ROADS	Arc	-	-
STREAMS	Arc	-	-

4.1 管網資料 處理

ARC/INFO에 의해 구축된 상수관망 관련 地形 및 屬性 데이터베이스와 FLOWNET 관망해석 프로그램간의 입·출력자료 처리과정은 다음과 같다.

SML에 의해 작성된 사용자 인터페이스 프로그램 RUNPIPE는 PIPENET커버리지의 PIP.DBF와 NOD.DBF의 속성값을 읽고 변화하여 FLOWNET프로그램의 입력파일을 작성하고, 출력파일로 부터는 管路 및 節點別 각각의 결과를 읽고 변환하여 PIP.DBF와 RES.DBF에 저장하고 LI.DBF를 생성하는 역할을 한다. 생성된 LI.DBF로 부터 QRYNET커버리지를 만들고 畫面上에 문제되는 지점을 나타낸다.

新規管網의 설계는 新設地點에 대한 버퍼링을 실시하고, 버퍼구역에 속하는 역내의 절점으로 부터 새로운 管路를 연결하여 위의 과정을 반복하며 문제가 발생하지 않는 관로를 선택하도록 하였다. RUNPIPE에 의한 자료 입출력 처리과정은 Fig. 1과 같다.

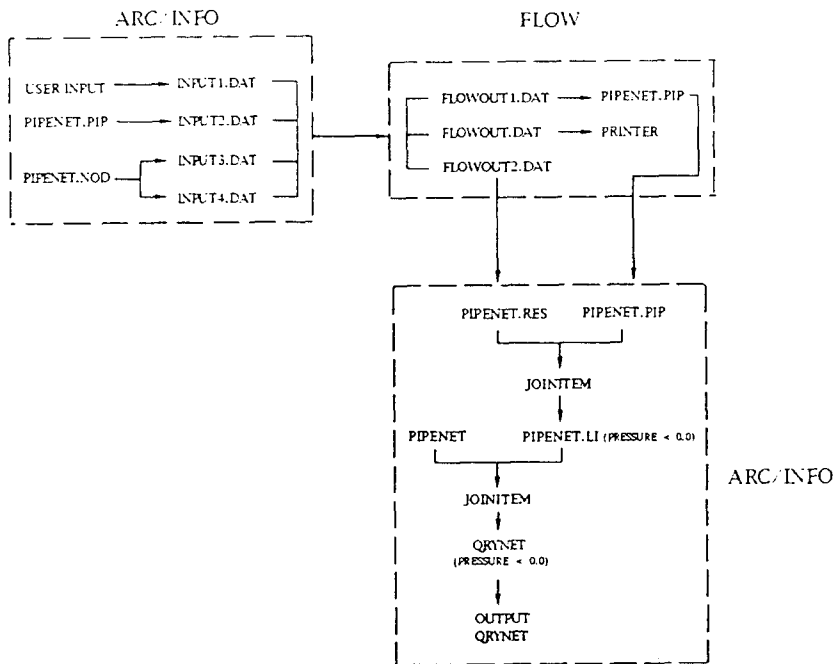


Fig. 1 Schematic Diagram of data flows through water distribution network system

5. 시스템의 適用 및 分析

5.1 시스템 適用

(1) 既存의 上水道 管網

既存의 청주시 상수관망에 대해 시스템을 適用한 結果는 Table 4와 같았다. 이 중 시작점이 부압인 관로는 57번과 66번이었고, Fig. 2는 이를 검색한 화면을 나타내고 있다.

Table 4 List of nodes with negative pressure from the results of the pipe network analysis

Node No.	HGL(cm)	Pressure (g/cm^2)
74	7775.70	-2121.37
75	7765.84	-2231.08
144	7775.70	-1302.28
189	7553.31	-2443.31
213	7682.83	-416.60

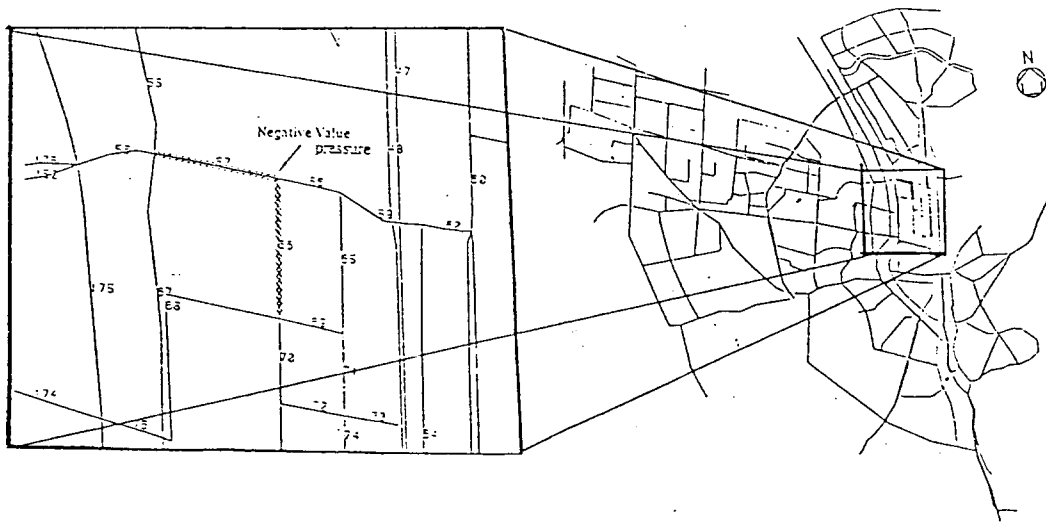


Fig. 2 Display of areas where negative pressures are occurred

(2) 新規上水道 管網

清州市의 既存의 上水道管網에 新規上水管을 假定流量 q_a 로 分岐하였을 때 既存의 上水道管網에 最少의 影響을 미치도록 하는 新規 上水道管網을 設計하는 模擬實驗을 實施하였다. 適用地域은 人口 9,789名인 (1992. 12. 31. 現在) 성화·개신·죽림동 지역으로 給水人口 2,200명으로 一日給水量은 13.82(l/s)로 假定하고, 任意의 地點을 選擇하였다. 1000미터 버퍼링(Buffering)을 實施하여 버퍼구역內에 속하는 3개의 節점(Node)과 適用地點을 각각 連結하여 管網解析프로그램과 連繫하는 模擬實驗을 Fig.3의 3가지 경우에 대해 實施하였다.

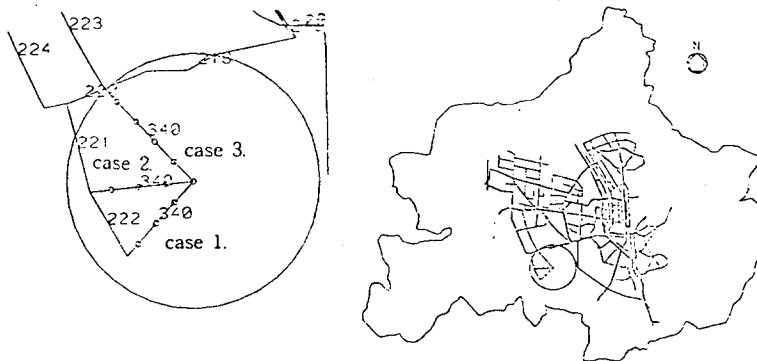


Fig. 3 Assumed new pipe network

5.2 시스템의 分析

開發된 上水管網시스템을 濟州市의 既存의 上水管網에 適用시켜 負壓 (Negative Pressure)이 나타나는 5개의 節點을 索出하였다. 그리고 負壓의 問題를 解決하기 위해 새로운 加壓場(Booster Station)을 設置 運營하는 模擬實驗을 實施 하였으며, 模擬實驗 結果 Table 5와 같이 問題를 解決할 수 있었다.

Table 5 Assumed booster stations for the simulation test to solve the negative pressure problems

Node No.	Elevation Head(cm)	Pressure (g/cm^2)
74	11,000	1098.48
75	11,000	998.62
144	9,000	998.62
189	11,000	898.76
213	8,000	998.62

新規管網의 設計에 대한 模擬實驗을 통한 各各의 경우 모두 全體的으로 上水管網시스템의 水壓이 낮아졌으나, 憂慮할 程度의 낮은 水壓은 발견되지 않았다. 따라서 3가지 形態의 新規管網案 중에서 最適인 경우는 管路의 길이 가 최소가 되는 경우로써 節點 210에서 분기한 (Case 1.)으로 판단되었다. 한편 Table 6에는 각각의 結果를 比較하여 나타내었다.

Table 6 Comparison of new pipes

Case No.	Branching Node	Pipe Length(m)	Tot. Pressure Difference(g/cm^2)
1	210	790.00	-100.60
2	1	827.40	-102.04
3	3	1015.00	-104.49

위의 두 가지 實驗을 통하여 개발된 시스템을 적용함으로써 既存 上水管網시스템의 運營에 대한 點檢을 하고 問題點의 發生에 따른 解決策을 손쉽게 導出하고, 新規管網을 計劃하는데 있어서도 다양한 대안에 대해 신속히 檢討를 실시할 수 있음을 확인할 수 있었다.

7. 結論

上水道 供給 需要의 急速한 增加에 따른 既存上水管網 및 新規管網시스템 解析 自動化를 위한 소프트웨어 시스템 개발을 目的으로한 本 研究의 結果는 다음과 같다.

1) 上水管網의 設計와 分析을 위하여 GIS에 의한 上水管網資料와 管網解析 프로그램을 連繫하는 소프트웨어 시스템을 構築하고 忠北 清州市를 시범지역으로 선정하여 적용하였다.

2) 上水管網解析 소프트웨어의 有用성을 立證하기 위하여 負壓 發生 地域에 加壓場을 設置하는 模擬實驗과 新規上水道 擴張地域에서의 최적 노선의 대안을 검색하는 모의 실험을 실시하여 신속성 및 정확성에 있어서 개발된 시스템의 능력을 立證할 수 있었다.

參考文獻

1. 유복모, 윤경철, 최철순, (1992) 都市情報解析을 위한 地形空間情報體系의 資料基盤部 構築에 關한 研究(上水道 施設物管理 中心으로), 한국측지학회지, 10(2), pp.31-36
2. 한국수자원공사, (1992) 수자원 도형정보시스템 기본설계 보고서
3. 윤용남, (1993) 水理學(基礎와 應用), 청문각, pp.199 - 233
4. 양상현, (1991) 상·하수도공학, 동화기술, pp. 139 - 151
5. 수공학익습 교재 (1994), 한국수문학회(2)
6. 안상진, 이광호, 노수영, (1986) 清州市 上水道에너지 節約 方案에 關한 研究, 충북대학교 산업과학기술연구소
7. 주민등록인구 통계 보고서(1992), 청주시