

연구논문

지리정보시스템 기반의 상수관망 모델링 시스템 연구

김준현 · 나탈리아 야꾸니나

강원대학교 공과대학 환경공학과

(2010년 4월 25일 접수, 2010년 6월 13일 승인)

A Study on Water Network Modeling System Based Upon GIS

Joon Hyun Kim · Natalia Yakunina

Department of Environmental Engineering, Gangwon National University

(Manuscript received 25 April 2010; accepted 13 June 2010)

Abstract

ArcView and water network models have been integrated to develop the water network modeling system based upon GIS. To develop this system, pre, main, and post processing systems are required. GIS programming technique was adopted by using the ArcView's script language Avenue. The input data of models have been prepared by using the AutoCAD Map3D through the conversion of modeling input data to GIS data for A city. The modeling has been implemented by using EPANET, WaterCAD, InfoWorks. To develop the post processing system, the modeling results of the water network models have been analyzed by using GIS. During the application process of the developed system to B city with 300,000 population, main problems were found in the constructed GIS DB of that city. Thus, pilot study area of B city has been constructed, and pre-, main, and post-processing techniques were invented based upon GIS. Finally, the problems related to waterworks GIS projects in Korea were discussed and solutions were suggested.

Keywords : ArcView, water network models, pre- and post-processing, AutoCAD Map3D

I. 서론

국내의 지방자치단체에서는 막대한 재원을 투자하여 상수관망에 대한 각종 시설물의 자료를 구축하였다. 구축된 시스템은 대부분 미국 ESRI사의 지리정보시스템의 소프트웨어인 ArcView를 사용하였다. 그러나, 상수관망 모형과의 연계가 부족하여 상수관망 설계 및 관리에 있어서 단순한 시설 자료를 정리 분석하는 것 이외에는 누수 문제를 해결하기 위한 사업 등에 효과적으로 활용되고 있지 못하여 지리정보시스템의 효용성에 중대한 문제를 가지고 있어서, 상수관망 관리가 합리적으로 이루어지고 있지 않은 형편이다. 따라서, 본 연구에서는 다음과 같이 상수관망 모형과 지리정보시스템을 결합할 수 있는 시스템을 구축하기 위한 기법에 대한 연구를 수행하였다. 일반적으로 지리정보시스템과 전산모형을 결합하기 위해서는 다음과 같은 부분에 대한 작업을 수행하여야 한다.

- 지리정보시스템 기반에서 전산 모델링을 수행하기 위하여 지리정보시스템의 GUI에 전산 모형의 메뉴를 삽입한다. 즉, 모형을 불러들이고, 운영할 수 있는 메뉴를 제공한다(GIS와 모형의 결합).
- 지리정보시스템을 이용하여 전산 모델링을 수행하기 위한 격자망을 구성하고 구성된 격자망에 모델링에 필요한 각종 속성정보를 지리정보시스템에 구축한다(모델링의 전처리 작업).
- 모델링 결과는 지리정보시스템 상에서 해석 대상에 따라 모형의 주 변수, 파라미터, 입력자료 등을 도시한다(모델링의 후처리 작업).
- 모형에 익숙하지 않은 사용자를 위하여 시스템 개발자는 자동화된 전처리 및 후처리 시스템을 제공한다.

위의 사항을 고려하여 A시 및 B시에 대하여 지리정보시스템을 구축하고, 상수관망 모형과 지리정보시스템을 결합하였다. 지리정보시스템으로는 국내에서 가장 많이 사용하고 있는 ArcView를 적용하였으며, 결합된 상수관망 모형은 본 논문의 연계 논문에서 제시된 모든 상수관망 모형들을 포함시켰다.

II. 지리정보시스템과 모형의 연계

ArcView의 프로그래밍 기능을 활용하여 그림 1과 같이 새로운 'Network Model' 메뉴를 삽입하고, 하부 메뉴로 EPANET, WaterCAD, InfoWorks, KYPIPE, H2ONET, Dr.PIPE 등의 모형을 연계하였다. 각 모형 메뉴에 대하여 모형이 운영될 수 있도록 Avenue를 사용하여 Script 윈도우 창에서 모형 실행을 위한 Script 언어를 다음과 같이 입력하였다.

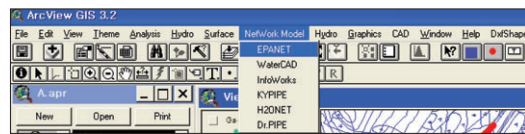


그림 1. ArcView의 메뉴에 상수관망모형의 추가

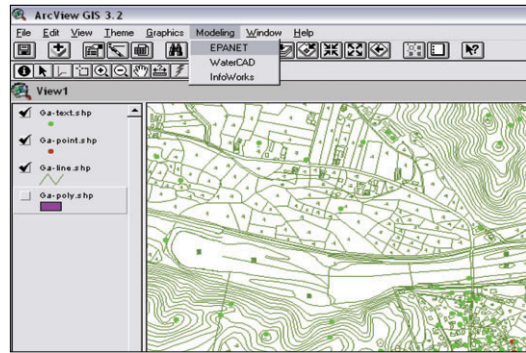
```
System.Execute("C:\ProgramFiles\EPANET2\
Epanet2w.exe")
System.Execute("C:\ProgramFiles\WaterCAD\
WaterCAD.exe")
System.Execute("C:\ProgramFiles\InfoWorks\
infoworks.exe")
System.Execute("C:\Program Files\PIPE2000\
Kypipe.exe")
System.Execute("C:\Program Files\MWH\H2ONET.
exe")
System.Execute("C:\Program Files\KWater\Drpipe.
exe")
```

III. A시의 GIS 기반의 모델링 시스템

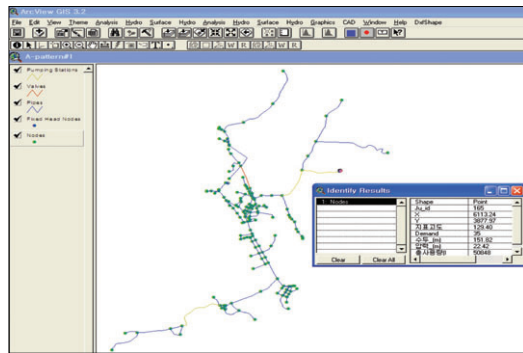
AutoCAD Map 3D를 이용하여 CAD로 구축된 A시의 GIS 자료와 속성자료를 함께 추출하여 ArcView GIS에 나타내었으며 EPANET, WaterCAD, InfoWorks 3가지 모형을 ArcView GIS와 결합하여 연동하여 모델링할 수 있게 하였다. 지리정보시스템과 상수관망모형의 연계를 위해 ArcView상에 A시의 상수 관망도를 불러들인 후 필요한 입력 자료를 구성하는 전처리 작업(그림 2)과 모형의 모델링 결과를 지리정보시스템에 도시하는 후처리 작업을 수행하였다(그림 3).

Shape	ID	X	Y	지표고도	Demand	수위	압력	속도	충사율(%)
Point	2	4972.99	3617.91	100.80	0	161.86	1.96	0	0
Point	4	4927.26	3701.46	159.40	0	161.26	1.96	0	0
Point	4	5114.02	3961.07	137.00	0	159.86	22.66	0	0
Point	5	5097.93	4026.97	138.40	27	159.41	21.01	29291	0
Point	6	4992.57	3961.63	139.40	27	159.25	19.95	39291	0
Point	7	4925.32	3892.21	146.00	25	159.24	13.24	36390	0
Point	8	4999.39	4214.13	139.00	64	156.98	19.98	92460	0
Point	9	4917.84	4309.36	140.10	13	156.96	18.88	16430	0
Point	11	4933.73	4382.23	141.00	798	157.11	16.11	100910	0
Point	12	4925.09	4408.31	142.00	0	157.061	15.05	0	0
Point	13	4908.88	4461.72	142.80	5	157.02	14.22	6934	0
Point	14	4895.09	4479.46	142.90	26	156.95	14.65	36980	0
Point	15	4775.34	4622.49	146.80	11	154.42	7.62	16179	0
Point	16	4901.75	4530.01	145.00	26	156.99	11.99	36390	0
Point	17	4892.93	4676.48	152.20	2	156.64	4.44	2311	0
Point	18	4810.69	4713.73	153.80	22	156.62	2.82	32269	0
Point	19	4770.45	4796.04	155.40	967	156.58	1.18	800394	0
Point	20	4791.97	4736.21	155.40	53	156.95	1.15	72860	0
Point	21	5161.91	4863.07	146.20	0	156.23	10.03	0	0
Point	22	5644.03	5248.37	140.80	374	155.96	14.76	53853	0
Point	23	5912.06	5921.51	140.70	22	155.96	14.86	32269	0
Point	24	4765.12	3478.70	145.70	11	159.91	14.21	16179	0
Point	25	4869.29	3448.52	152.70	30	159.86	7.16	43814	0
Point	26	4764.66	3474.51	145.90	0	159.88	14.38	0	0
Point	27	4638.95	3452.17	148.90	0	159.87	11.37	0	0

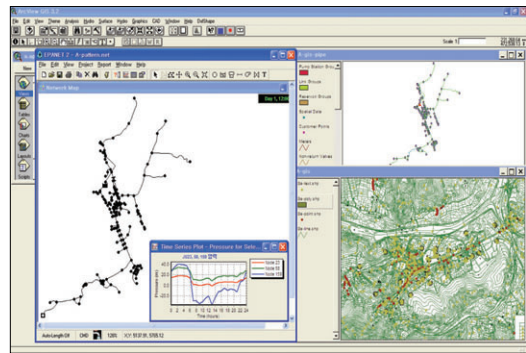
표 형식의 절점의 속성 자료



GIS와 EPANET, WaterCAD, InfoWorks 모형의 연동



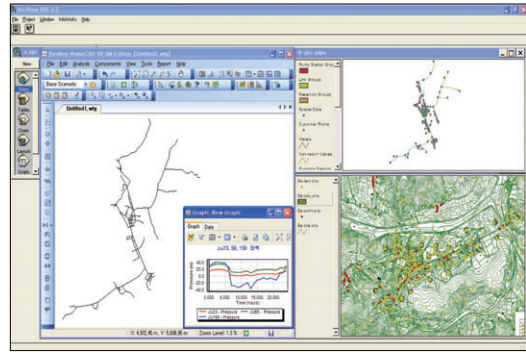
절점의 도면 및 속성 정보



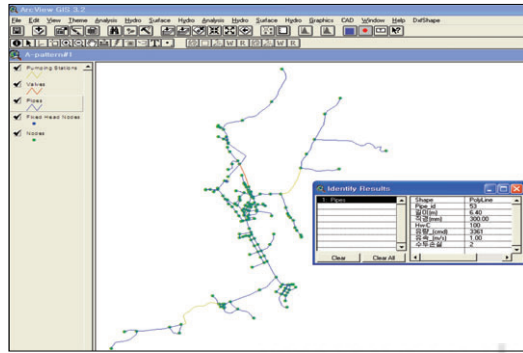
GIS 기반의 EPANET 모형의 모델링 결과

Shape	Formid	길이(m)	직경(mm)	Ha-C	유량 (com)	유속 (m/s)	수두손실
PolyLine	1	24.00	200.00	100	5678	2.09	35
PolyLine	2	186.20	200.00	100	1893	1.80	5
PolyLine	3	318.30	200.00	100	1693	0.70	5
PolyLine	4	48.00	75.00	100	161	0.42	6
PolyLine	5	74.00	75.00	100	50	0.13	1
PolyLine	6	67.00	50.00	100	24	0.14	1
PolyLine	8	296.50	75.00	100	86	0.22	2
PolyLine	9	164.90	80.00	100	12	0.03	0
PolyLine	10	591.00	200.00	100	1793	1.90	4
PolyLine	11	39.00	200.00	100	962	0.60	1
PolyLine	12	86.00	50.00	100	19	0.00	1
PolyLine	13	104.00	80.00	100	63	0.00	1
PolyLine	14	91.00	80.00	100	39	0.00	0
PolyLine	15	80.00	50.00	100	15	0.00	1
PolyLine	16	279.00	200.00	100	962	0.60	1
PolyLine	17	40.00	200.00	100	90	0.00	1
PolyLine	18	76.00	200.00	100	521	0.60	0
PolyLine	19	99.00	75.00	100	48	0.00	1
PolyLine	20	496.00	150.00	100	371	0.60	1
PolyLine	21	656.00	150.00	100	371	0.60	1
PolyLine	22	724.70	100.00	100	21	0.00	0
PolyLine	24	186.00	100.00	100	4	0.00	0
PolyLine	25	103.00	100.00	100	-32	0.00	0
PolyLine	26	177.30	300.00	100	5678	1.80	5
PolyLine	27	196.00	75.00	100	28	0.00	0

표 형식의 관로의 속성 자료

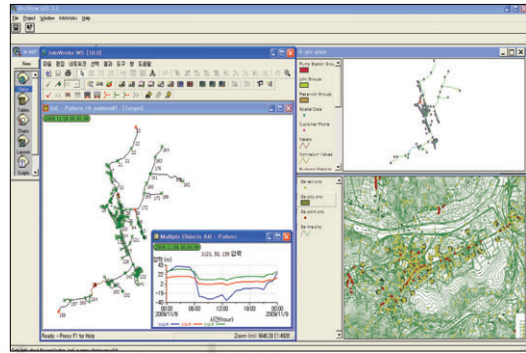


GIS 기반의 WaterCAD 모형의 모델링 결과



관로의 도면 및 속성 정보

그림 2. 절점 및 관로의 도면 및 속성 자료 구축



GIS 기반의 InfoWorks 모형의 모델링 결과

그림 3. GIS 기반의 상수관망 모형의 모델링 결과

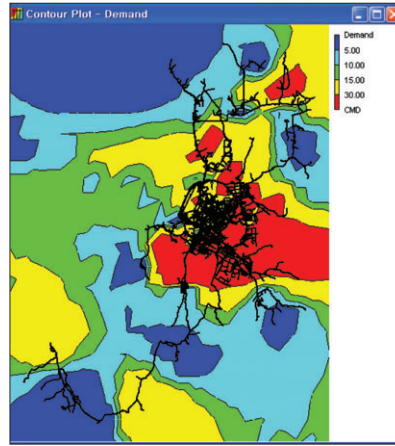
IV. B시의 GIS 기반의 모델링 시스템

1. B시 전체 지역의 상수관망 모델링

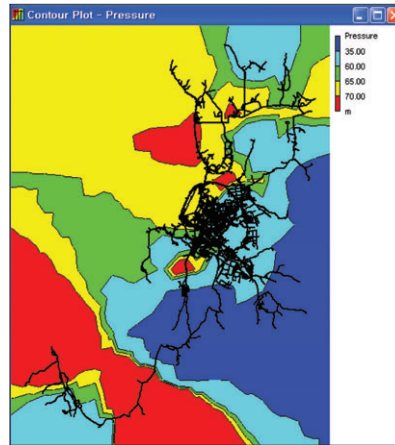
A시보다 규모가 큰 B시의 전체 관망 자료를 입수하여 정적인 모델링을 수행하였다. 입력 자료 관망 3107개의 절점, 3817개의 관로, 5개의 저류조, 6개의 펌프, 6개의 압력저감밸브로 구성되어 있다. 입력 자료는 절점별 번호, 표고, 물수요량과 관로별 번호, 시점, 종점, 길이, 내경, 조도계수로 구성되어 있으며 관의 조도계수는 관의 재질에 따라 다르다. 다음 그림 4는 상수관망 모형에 구축된 B시의 관망도를 나타낸 것이다.

정적인 모델링 방법으로 모델링을 수행하여, 각 절점에서의 물수요량, 총 수두, 압력 수두와 관로에서의 유량, 유속, 단위수두손실, 마찰계수 등을 분석하였다.

EPANET와 WaterCAD 모형은 절점별 물수요량, 총 수두, 압력 수두와 관로별 유량, 수두손실, 마찰계수는 모델링 결과가 유사하였으나, InfoWorks의 유속 모델링 결과가 (-)값이 나오는 등 전체적으로 InfoWorks 모형에서 문제점을 보였다. EPANET 모형의 등고선 도시 기능을 이용하여 그림 5에 절점별 물 수요량, 압력 수두 등의 공간적 분포도를 나타내었다.

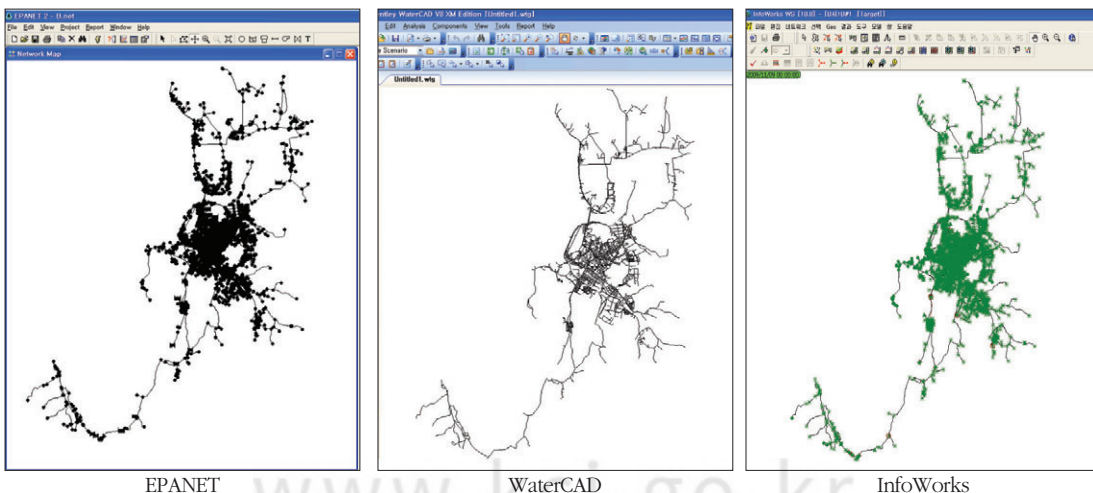


B시의 물수요량 등고선도



B시의 압력 수두 등고선도

그림 5. 물수요량 및 압력 수두의 모델링 결과



EPANET

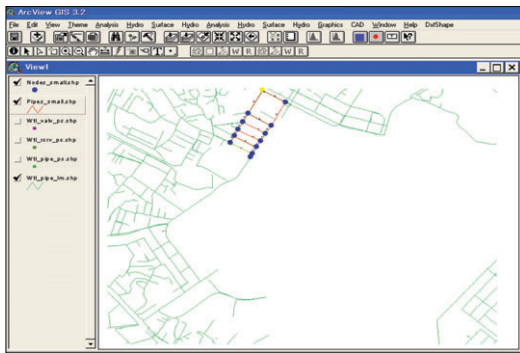
WaterCAD

InfoWorks

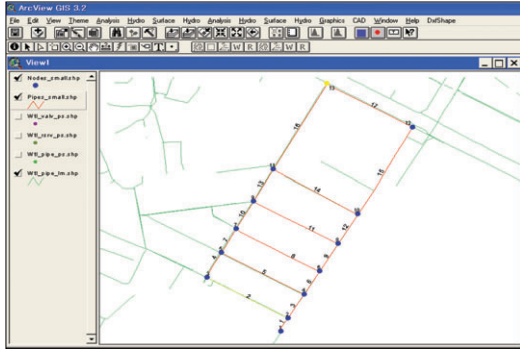
그림 4. 상수관망 모형에 구축된 B시의 관망도

2. B시 시범 지역의 GIS 기반의 상수관망 모델링

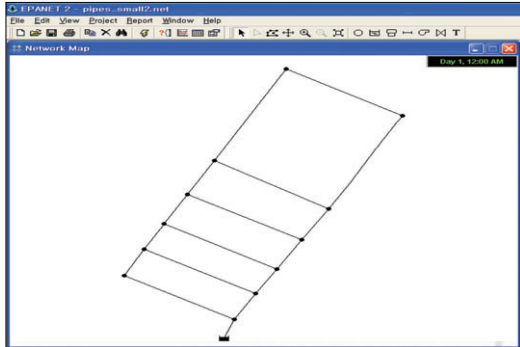
B시의 지리정보시스템 자료를 구입하여 분석한 바, 모델링에 이용할 수 없게 비효율적으로 구축되어 있어서 모형과 연계되어 모델링이 가능하도록 절점과 관에 대한 속성자료를 구축하여 A시 지역과 동일한 방식으로 입력 자료를 구성하는 전처리 작업과 모형의 모델링 결과를 지리정보시스템에 도시하는 후처리 작업을 수행하였다.



시범지역의 상수관망 위치도



시범지역의 상수관망도

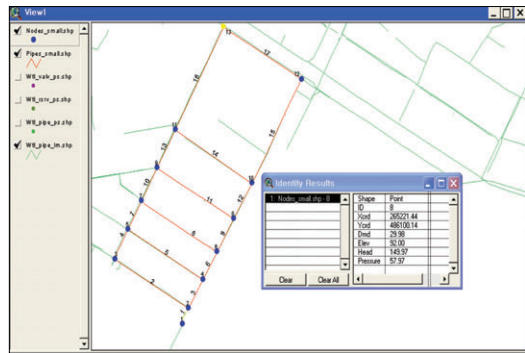


EPANET 모형의 상수관망도

그림 6. GIS 및 모형에 구축된 상수관망도

Shape	Xord	Yord	Dmd	Elev	Head	Pressure
Point	1	265160.86	485995.27	0.00	0.00	150.00
Point	2	265168.16	486011.13	43.71	74.00	149.99
Point	3	265082.21	486099.84	7.94	80.10	149.98
Point	4	265185.20	486039.86	7.94	80.10	149.98
Point	5	265097.33	486089.68	32.54	80.10	149.98
Point	6	265201.85	486067.20	29.98	97.00	149.97
Point	7	265113.18	486118.02	29.98	92.50	149.97
Point	8	265221.44	486100.14	29.98	92.00	149.97
Point	9	265131.61	486150.99	19.36	99.00	149.97
Point	10	265142.66	486135.90	19.36	102.00	149.97
Point	11	265152.78	486188.97	19.36	104.00	149.97
Point	12	265200.64	486229.06	19.36	100.50	149.97
Point	13	265209.34	486291.63	33.01	110.50	149.97

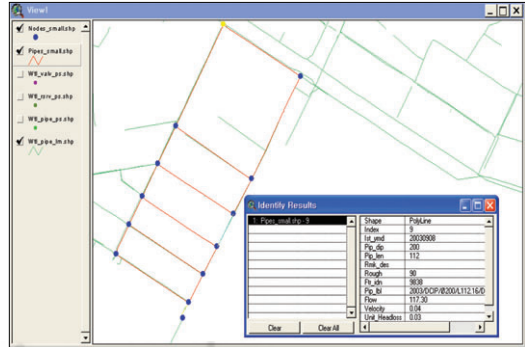
절점별 속성 자료 및 모델링 결과



절점별 속성 정보 확인

Shape	Order	Start	End	Flow	Velocity	Link	Headloss	Fr. Fac.
Polyline	1	2002998	200	71	2002998	2002998	0.00	0.00
Polyline	2	2002998	100	99	2002998	2002998	4.00	0.01
Polyline	3	1998001	80	110	1998001	1998001	12.31	0.01
Polyline	4	2002998	200	71	2002998	2002998	0.00	0.00
Polyline	5	2002998	100	101	2002998	2002998	35.80	0.01
Polyline	6	2002998	200	71	2002998	2002998	0.00	0.00
Polyline	7	2002998	100	101	2002998	2002998	35.80	0.01
Polyline	8	1998001	80	110	1998001	1998001	14.85	0.01
Polyline	9	2002998	200	112	2002998	2002998	117.30	0.04
Polyline	10	2002998	150	368	2002998	2002998	23.13	0.01
Polyline	11	2002998	200	112	2002998	2002998	75.81	0.01
Polyline	12	2002998	150	368	2002998	2002998	16.38	0.01
Polyline	13	2002998	100	100	2002998	2002998	26.81	0.01
Polyline	14	1998001	150	368	1998001	1998001	29.36	0.01
Polyline	15	2002998	150	368	2002998	2002998	162.24	0.06
Polyline	16	1998001	80	110	1998001	1998001	10.20	0.01
Polyline	17	1998001	80	110	1998001	1998001	10.20	0.01

관로별 속성 자료 및 모델링 결과



관로별 속성 정보 확인

그림 7. GIS에 구축된 속성정보 및 모델링 결과

B시의 지리정보시스템에 이미 구축되어있는 자료는 절점의 좌표, 관로의 길이 및 관의 내경뿐이어서 모델링 수행에 필요한 저수지의 총 수두, 절점의 표고와 물수량, 관로의 조도계수와 같은 속성자료를 모형과 연계되어 모델링이 가능하도록 구축하였고, 절점번호와 관로번호는 모델링에 적합하게 설정하였으며, 정확성을 높이기 위해 지리정보시스템과 모형의 좌표를 일치시켜 수행하였다.

V. 결론

지리정보시스템을 모형과 연계하기 위하여 다음과 같은 작업을 수행하였다. CAD의 도면을 이용하여 작성된 A시 및 B시의 EPANET 모형의 입력 자료를 지리정보시스템화하기 위하여 AutoCAD3D Map을 이용하여 CAD 도면과 속성자료를 입력하여 지리정보시스템을 구축하였다. B시의 지리정보시스템 자료를 구입하여 분석한바 매우 불량하게 구축되어있어서 모형과 연계되어 모델링이 가능하도록 절점과 관에 대한 속성자료를 시범 적용 지역에 대해서 입력하였다. 이러한 구축된 지리정보시스템으로부터 모형의 입력 자료를 추출하여 모델링을 수행하고 모델링 결과를 지리정보시스템을 이용하여 표현하였다.

본 연구를 통하여 다음과 같이 국내의 상수관망 관리를 위한 지리정보시스템 사업의 문제점 및 향후 연구 과제를 도출할 수 있었다.

- 이미 거의 대부분의 지자체에서 상수관망의 지리정보시스템을 구축하였으나, 막대한 예산을 투입하였는데도 불구하고, 상수관망의 관리 및 운영에 대한 토목, 환경적인 기본 지식의 미흡으로 다음과 같이 매우 큰 문제점을 가지고 있는 것으로 판단된다.
- 지리정보시스템 구축에 있어서 주로 정보통신 관련 회사들이 작업을 수행하여 토목 환경적인 사업에 있어서, 그 효율을 나타내고 있지 못하다. 즉, B시의 경우 상수도 설계 및 운영시 필수적으로 중요한 자료인 압력 및 유량에 대한

자료 항목을 가지고 있지 못하다.

- 더 큰 문제는 상세한 설계 계산을 위한 모델링을 수행하기 위해서는 관망의 구성 요소로서 절점(연결점)과 관로에 대한 자료를 구분하여 도면과 속성자료를 구축되어 있어야 하는 데, 이러한 구분이 없이 시설 정보의 단순 관리 위주로 정리되어 있다. 이러한 문제점은 지리정보시스템 구축시 관망 수리학에 정통한 전문가가 반드시 포함되어 사업이 진행되어야 함에도 불구하고 단순히 현장에서의 시설 관리적인 자료만 구축되어 있는 형편으로 이러한 도면 및 속성 자료를 보완하여 구축하기 위해서는 막대한 예산이 필요할 것으로 판단된다(김준현, 2009).
- 국내 상수관망 관리에 있어서 가장 큰 문제점은 누수에 의한 양적인 문제점과 수질의 문제점이다. 이러한 누수 문제를 파악하고 보수의 사업 우선순위를 정하고 누수 지점 및 수량을 추적하기 위해서는 정확한 관망 모델링이 필수적임에도 지리정보시스템의 구축에 있어서 이러한 점을 전혀 고려하지 않아서 상수관망 관리를 개선하고 가뭄의 문제를 해결하는 데 어려움이 클 것으로 판단된다(김준현, 2008).
- 본 연구에서는 기본적인 수리계산에 의한 비교를 수행하였으나 실제 중블록 이상의 관망 해석시 다양한 속성정보를 지닌 GIS 자료 및 부대 설비들의 상세 운영조건을 적용하여 예측 및 분석을 수행해야 할 것으로 판단된다.
- 상수관망 모델링 격자의 최적화 및 자동 생성 프로그램의 개발이 필요하다.

사 사

본 연구는 강원대학교 부속 환경연구소의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

김준현, 2008, 시계열 모형과 지리정보시스템을 결

합한 상수도 누수 추적 시스템의 개발 및 적용, 한국영향평가학회 추계학술발표대회 초록집, pp. 247-253.

김준현. 2009, 상수도 관리 및 누수의 통합적 관리 시스템의 개발 및 적용, 연구 보고서.

최종원고채택 10. 06. 15