

배수관망해석에 수요량 적용방법이 미치는 영향

Effect of Estimation Method of Demand Water on the Analysis of Water Distribution System

최계운* · 장연규** · 이승우***

Gye Woon Choi · Yungyu Chang · Seungwoo Lee

요 지

상수도 관망해석에 있어 수요량 추정 방법은 자료의 형태와 관망해석의 정확도 추구 정도 등에 따라 다양한 방법으로 추정할 수 있다. 통상 상수도관망해석을 수행할 때에 사용되는 수요량추정 방법은 과거 사용량을 추세분석하여 장래 계획에 필요한 목표연도까지의 원단위를 산정하고 이 자료를 바탕으로 행정구역상 동단위나 병합계량구역(Block system)단위까지 수요량을 산출한 후 수요량 산출 구역 내 해석 관망상에 위치하는 격점 또는 관로에 적정한 수요량을 분배하는 방법을 사용한다. 결국 산정된 수요량 자료는 행정동 단위나, 병합계량구역 단위 정도의 수요량을 산출하고, 해당 구역내에 분포하는 관망 구성상 절점수에 따라 등분하여 배분하거나, 절점이 담당하는 면적별로 수요량을 산출하여 관망해석을 실시하게 된다. 이러한 방법은 작업시간이 오래 걸리고 수요량 추정 단위에 따라 정확도가 달라지는 문제가 있다.

본 연구에서는 인천시를 대상으로 MIKE-NET 프로그램에서 제공하고 있는 수요량 배분 기능을 이용하여 각 절점의 수요량을 배분하는 방법과 기존 수요량 배분 방법을 비교함으로써 수요량 적용 방법이 배수관망해석에 미치는 영향을 살펴보았다.

핵심용어 : 배수관망해석, 수요량, MIKE-NET, 병합계량구역

1. 서 론

상수도 관망해석은 정수장, 배수지, 가압장, 취수장, 송배수관로 등 상수관망을 구성하는 시설물의 용량 및 운영계획을 수립하는 데 있어 반드시 수행하여야 하는 절차의 하나이다. 특히, 장래의 안정적인 상수도 공급을 위하여 추정된 장래 수요량을 관망해석에 적용한 결과는 관련 실무자와 정책결정자에게 상수도 운영과 시설확충 계획 결정의 소중한 자료로서 제공된다. 따라서, 잘못된 자료를 이용한 관망해석결과는 정수장, 배수지 등 상수도 공급시설의 확충계획에 많은 영향을 주게 되며, 이로 인하여 많은 비용을 낭비하거나 잘못된 계획으로 인한 상수도 공급의 안정성을 해하게 된다.

배수관망해석을 실시하기 위해서 프로그램 상에 입력되는 자료는 크게 관경, 관길이, 접속현황 등의 관로 구성자료와 배수지, 가압장 등의 시설물 자료 그리고 관망 내에서 소비되는 수요량 자료로 나눌 수 있다. 이 중, 상수관망해석에서의 수요량과 관련하여 국내에서는 수압부족시 절점수요량 변화에 대한 연구(현인환 외 3명, 2002)와 수요량의 침투부하 변화에 의한 관망 성능평가에 대한 연구(현인환 외 2명, 2005)정도만이 수행되어 있다. 보통 배수관망해석은 계획수립을 위해 필요한 적정 관경 이상

* 정회원 · 인천대학교 토목환경시스템공학과 교수 · E-mail : gyewoon@incheon.ac.kr

** 정회원 · 인천대학교 토목환경시스템공학과 박사과정 · E-mail : ravage@incheon.ac.kr

*** 정회원 · 인천대학교 토목환경시스템공학과 석사과정 · E-mail : swlee@incheon.ac.kr

의 관로만을 대상으로 관망을 구성하기 때문에, 각 절점에서 소비되는 수요량을 정확히 추정하기 위해서는 해당 절점을 통해 소비되는 해석상 제외되는 지관의 분포와 각 지관과 연결된 각각의 수용가의 인구 및 급수량 원단위를 이용하여 산정된 급수량까지 감안하여야 하나, 이는 현실적으로 많은 시간과 비용을 요하기 때문에 행정동 단위나, 블록 단위 등 비교적 관망해석결과를 이용하여 각종 계획을 수립하는데 있어 많은 오차를 유발하지 않는 단위 구역들을 계획의 성격에 따라 결정하고, 결정된 최소 단위 구역별로 추정된 급수량을 해당 단위 구역 내에 위치하는 절점수에 따라 등분하여 배분하게 된다. 이러한 방법에 의해 배분된 각 절점에서의 수요량은 급수량 추정 단위 내에서는 급수량을 배분할 때의 적용방법에 의해 많은 영향을 받게 되므로, 추정된 급수량 단위에서는 실제 수요량과 차이가 나지 않게 되나, 각 절점에 배분된 수요량은 실제와 다소 다른 값이 배분되는 경우도 있을 수 있게 된다.

본 연구에서는 급수량 추정 단위 내에서의 구성된 관망의 각 절점의 기존 수요량 적용방법과 상수관망해석프로그램 MIKE-NET의 수요량 배분 기능을 이용한 수요량 적용방법을 비교하여, 수요량 적용방법에 따른 상수관망해석 결과의 영향을 분석하였다.

2. 수요량 산정 방법

2.1 기존 수요량 적용 방법

기존수요량 적용 방법은 그림 1.과 같이 구성된 관망을 예로 설명하면, 절점 A~E가 각각 담당하게 되는 구역을 구분하고, 각 1~5번 구역에서 추정된 급수량은 각 구역을 담당하는 절점 수로 등분한 후 담당 격점의 수요량으로 산정하게 된다. 즉, 격점 A는 1번 구역만 담당하게 되므로, 1번 급수량을 3등분(절점 A, B, C에 의해 담당)한 값을 받게 되며, 격점 C의 경우는 1, 2, 3, 4번 구역을 담당하므로 격점 C에서 담당하는 총 수요량은 1, 2, 3, 4번 구역의 급수량을 각각 3, 2, 4, 2등분한 값을 합을 가지게 된다. 또한, 절점 E의 경우에는 담당하는 구역이 없기 때문에 수요량이 0이 된다. 이렇게 산정되는 기존 수요량 적용방법은 그 산정함에 있어 매우 많은 시간과 노력을 요하게 되고, 그림 2와 같이 관망해석상 고려되지 않는 지관의 분포를 고려하지 못하는 단점도 함께 가지고 있어, 사용함에 있어 결과에 대한 정확도 필요성에 따라 급수량 추정단위를 결정하여야 한다.

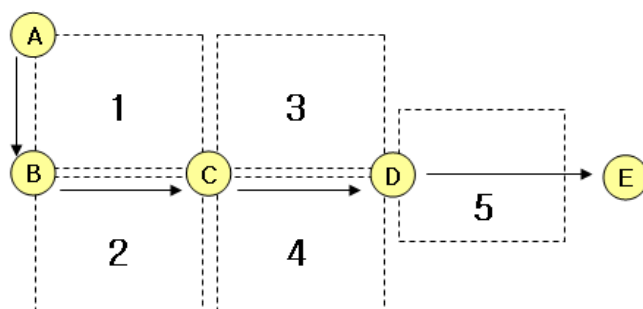


그림 1. 기존 절점 수요량 배분 방법

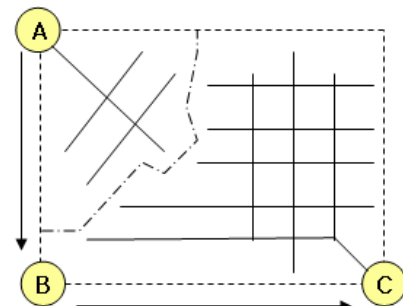


그림 2. 지관의 분포

2.2 관연장법 수요량 적용 방법

MIKE-NET 관망해석 프로그램에서 제공하는 수요량 분배 기능은 관연장방식, 2계수방법의 두가지 방법을 채택하고 있다(DHI, 2005). 관연장방식은 다음 식(1)과 같이 계수 k_L 과 관 연장 L 를 이용하여 대상지역에 공급되는 총 급수량을 각 관에 할당한다. 여기서, 계수 k_L 은 추정된 급수량의 일평균,

일최대, 시간최대급수량의 개념과 같이 총량을 조정하는 것으로서 이 값이 1이면 추정된 값 그대로 배분되게 된다.

$$Q_{\pi} = (Q - \sum O_i) l_i k_i / \sum (k_i l_i) \quad \text{식(1)}$$

관연장방식의 기본 가정은 물 소비량은 관로 길이에 비례한다고 보고 추정된 급수량을 분배코자 하는 구역을 설정하고 설정된 구역 내에서 소비되는 총 급수량을 관로 길이 비에 따라 각 절점에 배분하게 된다. 2계수방법은 관로의 연장 되신 계수 k2를 이용하여 대상지역에 공급되는 총 급수량을 각 관에 분배하는 것으로서 지역적 특징(인구밀도, 사용량 크기, 대규모 용수처 등)을 고려하여 사용자가 입력하는 것으로서 다음 식(2)와 나타낼 수 있다.

$$Q_{\pi} = (Q - \sum O_i) k_{1i} k_{2i} / \sum (k_{1i} k_{2i}) \quad \text{식(2)}$$

관연장방식의 경우 프로그램 상에 입력되어진 관망 자료내 관로길이를 이용하기 때문에 작업시간이 소요되지 않는 장점이 있으며, 2계수방법의 경우 지역적 특징 등을 조사하여 반영하여야 하기 때문에, 본 연구에서는 관연장방식을 선택하여 기존 수요량 적용 방법과 비교하여, 관로길이를 인자로 하여 수요량을 배분한 것과, 절점수에 따라 등분하여 배분한 방법을 비교하였다.

3. 적용방법 별 결과 비교

2.1 적용방법 별 수요량 산정 결과 비교

수요량 적용 방법에 따른 산정 결과를 비교하기 위하여, 인천시를 대상으로 그림 3.과 같이 관망을 구성하였다.

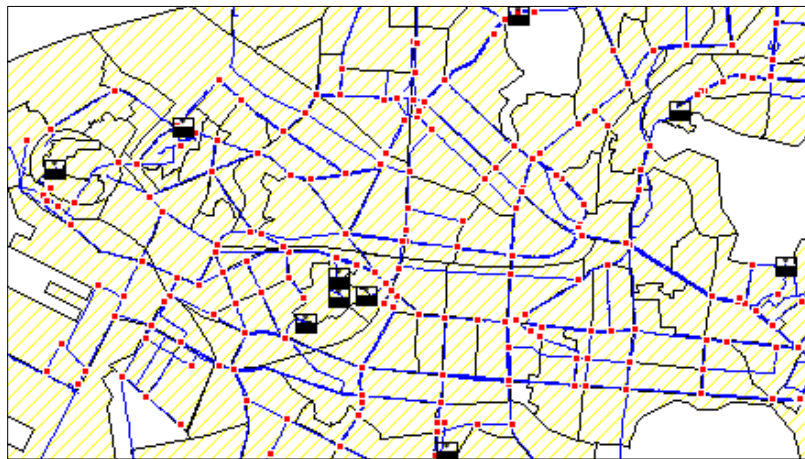


그림 3. 대상지역 관망구성도 현황

수요량은 인천시에서 2005년 9월에 실제 수용가에서 사용된 상수도사용량 자료를 이용하여, 병합계량구역(Block system)단위로 급수량을 산정하였다. 적용방법 별로 산정된 수요량의 비교를 위하여, 1개 배수권역을 선택하였으며, 선택된 배수권역은 6개의 병합계량구역으로 구분되어 있다. 대상지역 내 총 수요량은 36,700 ton/day이며 표 1은 대상지역 내 6개 병합계량구역의 면적과 총관로길이이다. 기존방법과 관연장법에 의해 분배된 병합계량구역 별 수요량은 표 2과 같다. 표 2에서와 같이 블록 1, 2,

6에서는 기존 방법이 실제 사용량과 가깝게 산정되었으나, 블록 3, 4, 5에서는 관연장법이 실제 사용량과 가까운 산정값을 가지는 것으로 나타났다.

표 1. 대상지역 내 블록 별 특징

구분	블록 별 특징							비고
	합계	1	2	3	4	5	6	
유역면적 (천ha)	3,034	779	650	77	295	358	875	
총 관길이 (m)	10,469	3,099	2,996	462	1,586	871	1,456	
관망밀도 (m/ha)	3.5	4.0	4.6	6.0	5.4	2.4	1.7	

표 2. 수요량 산정 결과 비교(1)

구분	블록 별 수요량(ton/day)							비고
	합계	1	2	3	4	5	6	
사용량	25,009	5,141	4,655	1,131	2,180	4,618	7,284	
기존방법	25,009	5,149	6,988	736	1,103	1,839	9,195	
관연장법	25,009	7,070	8,374	1,045	1,445	2,404	4,671	

표 3은 각 블록별 수요량을 블록의 관망밀도로 나눈 값을 표준화시킨 것으로 사용량자료는 1이며, 기존방법과 관연장법의 값이 1에 가까울수록 실제와 비슷함을 의미한다. 표 3에서와 같이 기존 방법의 의한 값은 블록 1, 2, 6에서 관연장법에 비해 실제와 가까운 값으로 산정되었으며, 대상지역 전체적으로도 기존방법이 실제 수요량값에 좀 더 가까운 산정결과를 보였다.

표 3. 수요량 산정 결과 비교(2)

구분	블록 별 수요량(ton/day)							비고
	표준편차	1	2	3	4	5	6	
기존방법	0.44	1.00	1.50	0.65	0.51	0.40	1.26	
관연장법	0.50	1.38	1.80	0.92	0.66	0.52	0.64	

2.2 적용방법 별 관망해석 결과 비교

관망해석결과 두 방법에 의해 각 절점에서 계산되어진 수압과 관에서의 유량을 비교하였다. 절점에서의 계산 수압은 표 4와 같이 기존방법 계산결과를 기준으로 관연장법과 비교하여 대부분 지점에서의 수압 변화가 2.3(m)미만으로 최대 15%미만의 변화율 보였다. 이 결과는 관망구성 형태, 절점 수요량 변화에 기인하는 것으로 판단되며 전체적으로 계산된 수압결과는 2가지 방법이 비교적 일치하는 것으로 판단되었다.

표 4. 절점에서의 수압 해석결과 비교 (단위:m)

절점	기존 방법	관 연장법	차이	절점	기존 방법	관 연장법	차이	절점	기존 방법	관 연장법	차이
1	14.11	11.86	2.25	11	34.38	31.99	2.39	21	56.35	56.63	-0.27
2	15.05	12.82	2.22	12	34.47	32.08	2.39	22	56.53	56.80	-0.27
3	17.58	15.32	2.26	13	35.84	33.45	2.39	23	56.99	57.28	-0.28
4	18.04	15.71	2.33	14	35.90	35.90	0.00	24	58.82	59.26	-0.44
5	25.32	23.00	2.32	15	39.52	39.53	0.00	25	59.65	60.09	-0.44
6	25.91	23.59	2.32	16	39.89	37.51	2.38	26	59.93	60.21	-0.28
7	26.50	24.17	2.32	17	40.60	38.22	2.38	27	61.25	61.66	-0.41
8	31.99	29.61	2.38	18	40.93	38.56	2.38	28	61.69	61.99	-0.30
9	32.68	30.40	2.28	19	53.37	53.41	-0.04	29	63.53	63.93	-0.40
10	33.43	31.04	2.38	20	56.30	56.57	-0.27	30	63.63	64.01	-0.38

관에서의 유량 계산 결과를 비교한 결과 표 5와 같이 수요량 적용 방법에 따라 최대 100%까지 변화하는 양상을 보여주어, 관에서의 유량 결과는 관망구성 현황 및 수요량 변화에 따른 영향으로 많은 차이를 가짐을 나타내었다.

표 5. 관에서의 유량 해석결과 비교 (단위:ton/day)

관	기존 방법	관 연장법	차이	관	기존 방법	관 연장법	차이	관	기존 방법	관 연장법	차이
101	306	611	-305	110	1,962	2,285	-323	120	3,885	2,791	1,094
102	336	23	313	111	2,025	624	1,401	121	4,205	4,623	-418
103	486	164	321	112	2,266	799	1,467	122	4,370	3,080	1,290
104	486	91	395	113	2,428	1,644	784	123	6,881	4,444	2,437
105	643	262	380	114	2,724	2,810	-86	124	7,775	9,982	-2,207
106	694	761	-67	115	2,914	2,088	826	125	7,775	9,982	-2,207
107	909	397	511	116	2,996	2,841	155	126	9,391	5,035	4,357
108	971	579	392	117	3,148	3,453	-306	127	10,118	6,477	3,641
109	983	539	445	118	3,248	3,943	-695	128	12,058	8,029	4,030
110	1117	1023	95	119	3,358	3,494	-136	129	12,701	9,123	3,578

4. 결론

본 연구에서는 상수관망해석을 위해 수행되는 수요량 산정방법별 비교를 통하여 해석결과에 미치는 영향을 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 수요량 산정방법에 따라 급수량 추정단위 내 위치하는 절점수대로 등분하는 기존 방법과 관길이 비를 이용하여 수요량을 산정하는 관연장법에 따라 대상지역을 선정하여 비교 분석하였다.
- (2) 기존방법과 관연장법에 의해 수요량을 산정한 결과 기존 방법의 정확도가 관연장법보다 다소 양호한 것으로 나타났으나 관망구성형태와 관망해석을 위한 절점 분포 상태에 의해 많은 영향을 받는 것으로 판단되었다.
- (3) 수요량 산정방법별로 계산된 수요량을 이용하여 MIKE NET 관망해석 프로그램을 이용하여 관망해석을 실시한 결과 수압 계산결과는 2가지 방법이 비교적 근사한 값을 가지는 것으로 나타

났으나, 유량 계산결과는 많은 차이를 보여 관망구성 현황 및 수요량 변화가 많은 영향을 주는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 현인환 외 3명(2002), 배수관망내 수압부족시 절점수요량의 변화에 대한 기초적 고찰, 상하수도학회 논문집, 제16권 제6호, pp. 726-732.
2. 현인환 외 2명(2005), 절점별 침투부하 발생일 분석을 통한 상수관망의 수리학적 성능 평가, 대한상하수도학회·한국물환경학회 추계학술발표회 논문집, vol.2005, pp.18-24.
3. DHI Water & Environment(2005), MIKE NET USER MANUAL, DHI.