

配水管網解析에 있어서 節点流出法과 管路流出法の 比較

Comparison of the Node Method and the Pipeline Method for the Analysis of Water Distribution Systems

이상목*, 류종현**, 현인환***

Sang Mok Lee* · Jong Hyun Lyu** · In Hwan Hyun***

Abstract

This study is to make a comparison between the node method and the pipeline method for the analysis of the water distribution systems. For these purposes, the two methods were applied to a pipeline system in series, an artificial distribution network and a real distribution network.

The results are as follows.

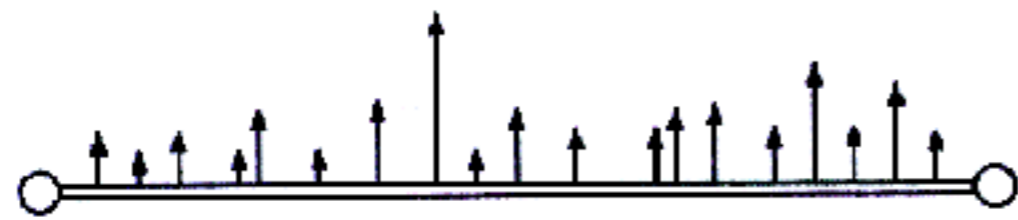
1. The difference between the results of the two methods was increased with the increase of the hydraulic gradient and the length between two adjacent nodes.
2. When all pipe lengths between two adjacent nodes were larger than 200-300m and have the steep hydraulic gradient, it was found that the results of the two methods showed high differences.
3. The difference between the results of the two methods were negligible in the case of the real distribution system in which only 12% whole pipelines were longer than 30m and the longest pipe length was 850m.

1. 서 론

적절한 배수관망을 계획하기 위해서는 배수관망해석을 필요로 한다. 배수관망에서의 사용수량의 유출형태는 그림 1 (a)처럼 관로중에서 불규칙하게 유출되는 점적인 유출로 볼 수 있

다. 따라서 실제의 유출형태로 배수관망을 해석하기 위해서는 수많은 유출지점마다 절점을 부여하여 계산해야 하므로 자료준비와 계산에 많은 시간이 소요된다. 그리고 실제의 사용수량을 전부 정확히 파악한다는 것은 어렵기 때문에 이렇게 많은 절점을 부여하여 관망해석한 결과가 실제의 상황과 완전히 일치한다는 보장이 없다. 따라서, 이러한 문제점을 해결하기 위하여 단순히 그림 1-(b)와 같이 관로중에서 발생하는 사용수량을 관로의 양끝 절점에서 집중적으로 유출된다고 가정하거나(절점유출형

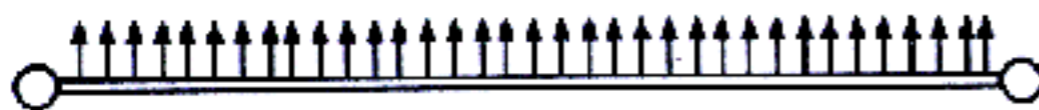
* 한국종합엔지니어링 상하수도부
 ** 한국수자원공사 조사계획지
 *** 한국대학교 토목공학과 교수



(a) 실제관망의 유출형태



(b) 절점유출형에서의 유출형태



(c) 관로유출형에서의 유출형태

그림 1. 해석법에 따른 사용수량의 유출형태

해석법) 또는 그림 1-(c)와 같이 관로 전체에서 등분포적으로 사용수량이 유출된다고 가정하여(관로유출형해석법) 관망해석을 하고 있다. 3).4)

절점유출형해석법은 1936년 Hardy Cross법을 시작으로 하여 지금까지 대부분의 관망해석에 사용되어진 해석법이다. 이에 비해 관로유출형해석법은 비교적 최근에 발표된 배수관망의 해석법으로서 1984년 西川, 宇土⁴⁾는 유량보정법을 이용한 관로유출형해석법을 제시하였고, 1990년에 高桑哲男³⁾은 에너지위법을 이용한 관로유출형해석법을 제시하였다. 그러나, 이 두 가지 해석법은 모두 관망해석을 위해 가정한 방법이므로 실제관망의 유출형태와는 다르다. 따라서, 다소의 오차가 이로 인해 발생할 소지가 있으며 경우에 따라서는 배수관망시설의 과소 또는 과대 설계에도 영향을 줄 수 있다.

본 연구는 절점유출형해석법과 관로유출형해석법을 비교·분석하여 두 해석법사이에 어떤 경우에 얼마만큼의 오차가 발생되는가를 고찰

하며 그 오차를 줄일 수 있는 방법을 모색하는데 그 목적이 있다.

Ⅱ. 유출형태에 따른 관망해석법

1. 절점유출형 해석법

절점유출형해석법은 실제로 관로중에서 유출되는 모든 유량이 계산을 위하여 절점에서만 집중적으로 유출한다고 가정하는 방법으로 지금까지의 대다수의 해석에 사용되었다. 1).2) 본 연구에서는 절점유출형 해석법 중에서 에너지위법을 적용하였다.

1.1 손실수두식

절점 i 의 에너지위 E_i 와 절점 j 의 에너지위 E_j 의 차이는 손실수두 H_{ij} 로 다음과 같이 표현된다. 1).2)

$$H_{ij} = E_i - E_j \quad (1)$$

또한, 손실수두식을 유량식에 대입하고 흐름의 방향을 고려하면 다음 식 (2)와 같이 표현된다.

$$Q_{ij} = R_{ij} |E_i - E_j|^{a-1} (E_i - E_j) \quad (2)$$

여기에서 R_{ij} 와 a 는 다음과 같다.

Hazen-Williams 공식:

$$R_{ij} = 0.27853 C_H D^{2.63} L^{-0.54}, a = 0.54$$

Manning 공식 :

$$R_{ij} = 0.31169 n_M^{-1} D^{8/3} L^{-1/2}, a = 0.50$$

高桑 공식:

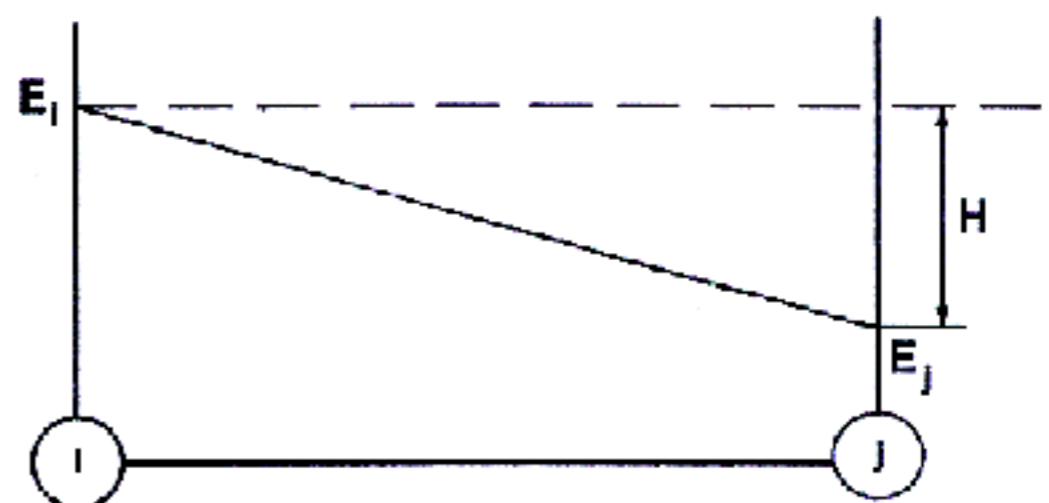


그림 2. 절점 i, j 간의 손실수두

$$R_{ij} = C_T D^{2.637} L^{-0.5124}, a = 0.5124$$

1.2. 유량연속방정식

절점유출형 해석법에서 인접절점을 j 개 갖는 절점 i 의 유량수지는 식 (3)과 같다.

$$\sum_j Q_{ij} + P_i = 0 \quad (3)$$

여기에서 Q_{ij} 는 절점 i, j 간의 관로 유량을 나타내고, P_i 는 절점 i 에서의 사용수량 등 유량의 유출입을 나타낸다.

식 (2)를 유량연속방정식 식 (3)에 대입하면 절점수 만큼의 연립방정식이 성립된다.

에너지위법에서는 폐관로방정식에 손실수두식을 대입하면 폐관로방정식이 항상 만족되므로 연립방정식의 구성에서는 폐관로방정식은 고려할 필요가 없다.

1.3. 연립방정식의 해법

에너지위가 지정된 배수기지를 제외한 절점수 만큼의 유량연속방정식을 연립방정식으로 해석함으로써 미지의 절점에너지위를 구할 수 있다. 유량식에서 a 는 손실수두식에 따라 다르지만 일반적으로 0.5 내외의 값을 가지고 있어 일차화 한 후에 연립방정식의 해를 구해야 한다. 일차화하는 방법으로는 선형역보간법과 Newton법 등이 있으며 본 논문에서는 Newton법을 사용하여 선형화 하였다.

식 (2)를 E_i, E_j 로 편미분하여 Newton법에 의해 선형화 하면, 식 (4)와 같이되고, 이것을 유량연속방정식에 대입하여 정리하면 식 (5)와 같은 연립1차방정식이 얻어진다.

$$Q_{ij} = (Q_{ij})_{e_i, e_j} + \left(\frac{\partial Q_{ij}}{\partial E_i} \right)_{e_i, e_j} \Delta E_i + \left(\frac{\partial Q_{ij}}{\partial E_j} \right)_{e_i, e_j} \Delta E_j \quad (4)$$

$$= S_{ij}(e_i - e_j) + a S_{ij}(E_i - E_j)$$

$$\Delta E_i \sum_j S_{ij} - \sum_j S_{ij} \Delta E_j = -\frac{1}{a} \left\{ \sum_j S_{ij}(e_i - e_j) + P_i \right\} \quad (5)$$

이 식을 해석하여 보정치 ΔE_i (i 는 에너지위가 지정되지 않은 절점)를 구하며, $\Delta E_i \approx 0$ 이 될 때까지 반복계산하는 방법이 Newton법을 이용한 해석법이다.²⁾

2. 관로유출형 해석법

관로유출형해석법은 사용수량이 관로 전체에서 유출된다고 가정한 방법이며 본 해석법에서는 사용수량이 관로 전체에서 유출하는 것을 관로구간유출, 관로의 한 점에서 내량수요가 등에 의한 대량유출을 관로점유출이라 한다.^{3), 4)}

2.1. 손실수두식

관로유출형해석법에서의 손실수두식은 유량 Q 가 관로를 흐르는 도중에 달라지기 때문에 그림 3-(a)와 같은 관로점유출형인 경우 총 유량으로 구간 L_1 에서의 손실수두를 계산하고 유출지점에서 유출한 유량 q 를 제외한 유량 즉, 구간 L_2 의 상단유량으로 다음 구간 L_2 의 손실수두를 구하여 이 두 손실수두를 더하여 절점 i, j 간의 손실수두를 구해야 한다. 또한 그림 3-(b)와 같은 관로구간유출형의 경우 미소구간 dx 만큼마다 일정유량이 유출된다고 할 수 있다. 따라서 첫 번째 미소구간은 총 유량으로 손실수두를 구하고 다음 미소구간은 관로유출량 P 를 절점간의 거리 L 로 나눈 미소구간에서 유출하는 유량만큼을 제외한 상단유량으로 손실수두를 구한다. 이 미소구간 마다의 손실수두의 합이 절점 i, j 의 손실수두라고 말할 수 있다.

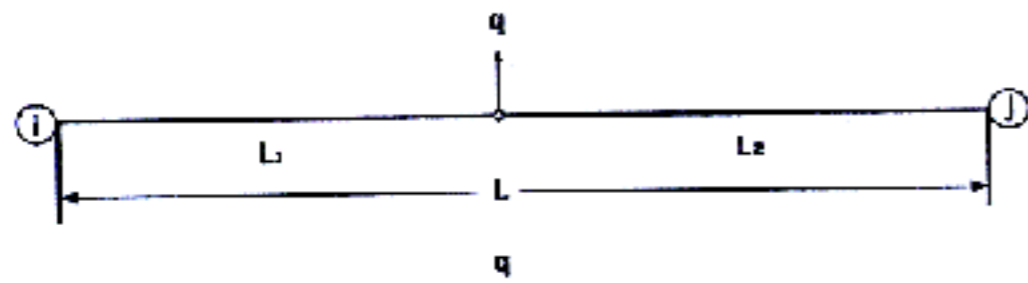
관로점유출형

$$E_i - E_j = RL_1 Q |Q|^{b-1} + RL_2 (Q - q) |Q - q|^{b-1} \quad (6)$$

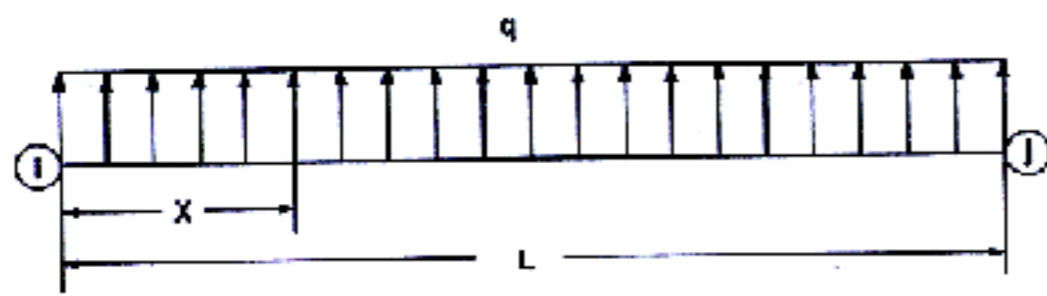
관로구간유출형

$$E_i - E_j = R \int_0^L \left(Q - \frac{P}{L} x \right) \left| Q - \frac{P}{L} x \right|^{b-1} dx \quad (7)$$

$$= \frac{RL}{(b+1)P} (|Q|^{b-1} - |Q - P|^{b-1})$$



(a) 관로점유출형



(b) 관로유출형

그림 3. 관로유출형해석법에서의 유출형태

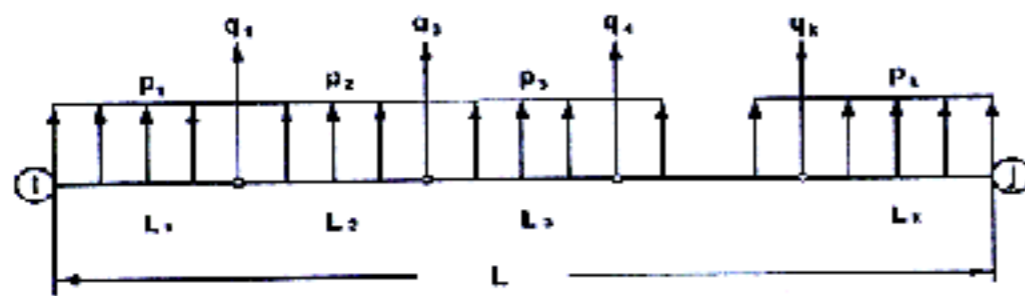


그림 4. 관로점유출형과 관로구간유출형이 조합된 경우의 유출형태

여기에서 Q 는 관로내 총유량, P 는 관로 총구간유출량, q 는 관로구간유출량, L 은 절점간의 총 거리, x 는 그림 3에서 임의지점까지의 거리이다.

그림 4와 같이 관로점유출형과 관로구간유출형이 조합된 경우에는, 구간내의 상단유량 Y_k 는 식 (8)과 같이 표현된다.

$$Y_k = Q - \sum_{m=1}^k (q_m + P_{m-1}) \quad (8)$$

관로구간유출량 Y_k 가 0이 아닌 구간 $k(= 1, 2, \dots, n)$ 에서의 손실수두 H_k 는, 손실수두식 식 (6)의 유량 Q 에 상단유량 Y_k 를 대입하여 다음의 식 (9)와 같이 표현할 수 있다.

$$H_k = \frac{R_k L_k}{(b+1)P_k} (|Y_k|^{b+1} - |Y_k - P_k|^{b+1}) \quad (9)$$

관로구간유출량 Y_k 가 0인 구간에 대해서는 식 (10)과 같이 표현할 수 있다.

$$H_k = R_k L_k Y_k |Y_k|^{b-1} \quad (10)$$

따라서 절점 i, j 간의 에너지위차는 다음 식 (11)과 같이 표현된다.

$$E_i - E_j = \sum_{k=1}^n H_k \quad (11)$$

이 식 (11)의 H_k 에 식 (9), 식 (10)을 대입하여 절점 i, j 간의 손실수두를 구할 수 있다. 여기에서, 연립방정식을 풀기 위한 편도함수 $\partial E_i / \partial Q$ 와 $\partial Q / \partial E_i$ 을 식 (11)로 구하면 식 (12), 식 (13)과 같이된다.

$$\frac{\partial E_i}{\partial Q} = \sum_{k=1}^n r_k(Q, P_k) \quad (12)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial E_i} = \frac{1}{\sum_{k=1}^n r_k(Q, P_k)} \quad (13)$$

여기서, ① $P_k \neq 0$ 일 때,

$$r_k(Q, P_k) = \frac{R_k L_k}{P_k} (Y_k |Y_k|^{b-1} - (Y_k - P_k) |Y_k - P_k|^{b-1}) \quad (14)$$

② $P_k = 0$ 일 때,

$$r_k(Q, P_k) = R_k L_k b |Y_k|^{b-1} \quad (15)$$

2.2. 유량연속방정식

관로유출형해석법에서도, 절점 i 에서의 유량수지는 형식상은 절점유출형의 경우와 같으나 관로유출형 해석법에서는 관로유출이 있으므로 유량연속방정식이 다음과 같이 표현된다.

$$\sum_u Q_{ui} - \sum_u Q_{iu} = P_i + \sum_u SP_{ui} \quad (16)$$

여기에서 u 는 인접절점 번호이고 ui 는 유입되는 관로번호이며 iu 는 유출되는 관로번호이다. P_i 는 절점유출량, SP_{ui} 는 관로에서 유출되는 유량이다. 그림 5는 절점 i 에서의 유량수지를 나타낸 그림이다. 그림 5의 경우에 대해 위 식 (16)을 적용하여 정리하면 식 (17)과 같이된다.

$$Q_{1i} + Q_{2i} - Q_{3i} - Q_{4i} = P_i + SP_{1i} + SP_{2i} \quad (17)$$

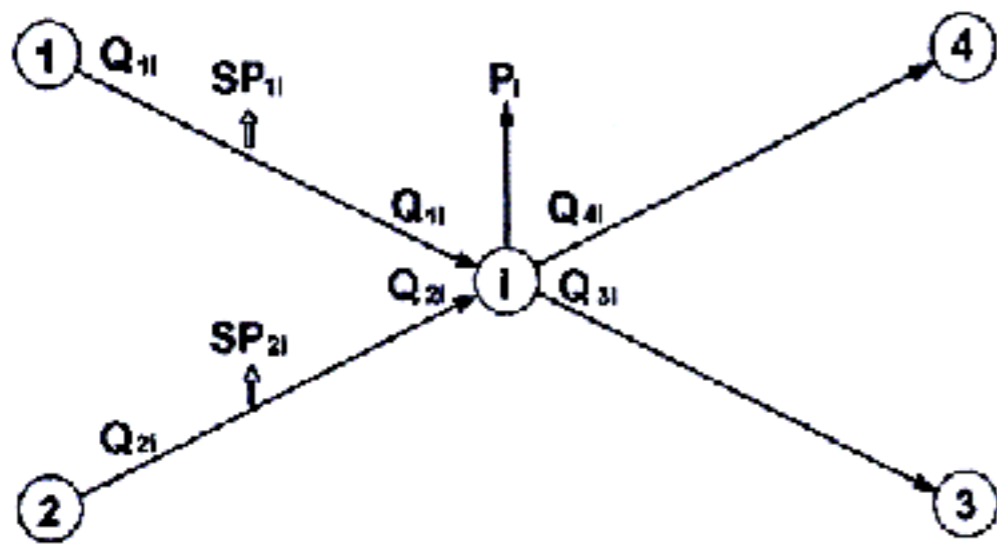


그림 5. 절점 i에서의 유량수지

2.3. 연립방정식의 해법

일반적으로, 절점수 N , 배수기지수 M , 관로수 J 인 관망에 대해서는, 식 (10)의 관로손실수두식이 J 개, 식 (18)의 유량연속방정식이 $N - M$ 개가 성립된다. 미지수는 J 개의 관로유량 Q 와 $N - M$ 개의 절점에너지위 E 이고 이들 미지수들은 $N - M + J$ 개의 연립방정식을 풀어 구할 수 있다. 미지수 E 와 Q 는 다음의 2가지 단계의 반복계산에 의해서 구할 수 있다.

단계 1

E 의 근사치인 E' 에 대해서 식 (11)의 관로손실수두식을 만족하는 유량 Q' 를 식 (18)에 의해서 구하는 조작을 보정치 $\Delta Q'$ 가 충분히 작아질 때까지 계산을 반복한다.

$$Q' = Q'' + \Delta Q' \quad (18)$$

여기서, Q'' 는 Q' 의 근사치이다. $\Delta Q'$ 는 식 (11)을 Newton법으로 1차화한 다음 식에 의해 얻어진다.

$$E_i' - E_j' = \sum_{k=1}^n H_k'' + \left[\frac{\partial E_i}{\partial Q} \right]'' \Delta Q' - \left[\frac{\partial E_j}{\partial Q} \right]'' \Delta Q' \\ \sum_{k=1}^n H_k'' + 2 \left[\frac{\partial E_i}{\partial Q} \right]'' \Delta Q' \quad (19)$$

H_k'' 는 식 (9), 또는 식 (10), $(\partial E_i / \partial Q)''$ 는 식 (12)의 Q 에 Q'' 를 대입하여 얻어진다.

단계 2

배수기지 이외의 모든 절점에 대해 단계 1에서 얻어진 Q' 가 식 (16)의 유량연속방정식을

허용오차의 한도 내에서 만족하는가를 조사한다. 만약 허용오차에 만족되지 않는다면 식 (19)에 의해 구해진 E 를 다시 근사치 E' 로 놓고 단계 1로 되돌아간다.

$$E = E' + \Delta E \quad (20)$$

여기서, 보정치 ΔE 는 식 (17)을 Newton법으로 선형화 한 다음 식을 연립하여 해석하면 구할 수 있다.

$$\sum_u \left[Q_{ui}' + \left[\frac{\partial Q_{ui}}{\partial E_i} \right]' \Delta E_i + \left[\frac{\partial Q_{ui}}{\partial E_u} \right]' \Delta E_u \right] \\ - \sum_d \left[Q_{id}' + \left[\frac{\partial Q_{id}}{\partial E_i} \right]' \Delta E_i - \left[\frac{\partial Q_{id}}{\partial E_d} \right]' \Delta E_d \right] \\ = P_i + \sum SP_{ui} \quad (21)$$

여기서, $(\partial Q / \partial E)'$ 는 식 (13)에서 $Q - Q'$ 으로 놓고 구한 값이다.

III. 비교 검토

1. 검토대상 관망

본 연구에서는 세 가지 형태의 관망에 대해서 상기 두 가지 해석법을 적용하고 그 결과를 비교 검토하였다. 우선 기본적인 차이점을 파악하기 위해 가장 단순하고 다른 경로로의 유출과 유입이 없어 유량감소가 일정하여 해석법의 기본 특성이 잘 나타나는 일자형 관망을 분석대상으로 하였다. 일자형 관망은 관로 1개당 길이를 1,000m로 하였고 절점수는 배수지를 제외하고 6개, 사용수량은 km^2 당 $0.05\text{m}^3/\text{sec}$, 배수관의 총 길이는 5km로 하였다.

또한 일반적인 배수관망에서의 해석법간의 특성을 비교하기 위하여 관로의 길이와 전 지역의 사용수량을 일정하게 가정한 가상관망을 대상으로 적용하였다. 가상관망으로는 배수면적 25km^2 인 가상지역에 관로 1개당 길이 1,000m, 총 사용수량 $2.5\text{m}^3/\text{sec}$, 총절점수 25개, 관로수가 41개로 구성하였다.

실제의 관망에서는 두 해석법간에 어떠한 차

이를 보이고 또한, 이떠한 특성을 보이는가를 알아보기 위하여 두 해석법을 실제의 관망에 적용하였다. 대상지역은 수도권에 위치한 A시로 하였으며 2001년 장래수요량을 기준으로 실제 설계한 자료를 이용하였다. 이 도시의 총 인구는 8만명, 총 면적은 35.81km², 일 최대 사용수량은 36,000m³/일, 총 절점수는 76개이며 관로수는 90개, 배수지는 1개로 구성되어 있다.

이와 같은 조건의 일자형관로와 가상관망 그리고 실제관망에서의 유량과 C계수, 그리고 절점간의 최대거리를 변화시켜 보면서 두 해석법간에 어떤 차이를 보이는가를 고찰하였다.

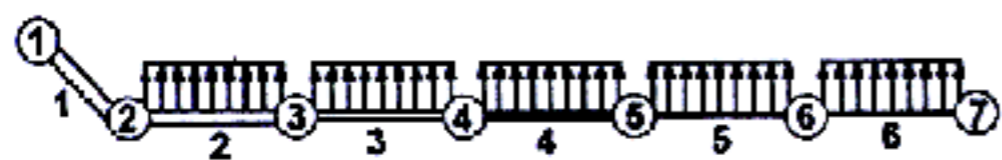
2. 일자형관로의 적용

본 연구에서 적용한 일자형관로의 형태는 그림 6과 같고 그림 6-(a)는 관로유출형해석법의 유출형태이며 그림 6 (b)는 절점유출형해석법의 유출형태이다.

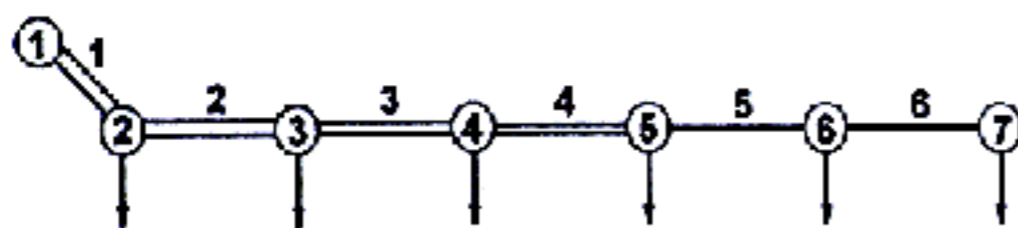
2.1. 절점거리의 변화에 대한 분석

절점간의 거리에 대한 변화를 파악하고자 첫 번째 절점(배수지)을 제외한 절점수를 6개에서 201개까지 5개씩 증가시켜 절점간의 거리가 최대 1,000m에서 최소 25m까지의 40가지의 경우에 대하여 말단심에서의 절점유출형해석법과 관로유출형해석법의 손실수두와 손실수두차를 비교하였다.

그림 7은 절점수에 따른 말단점인 7번 절점에서의 관로유출형과 절점유출형과의 손실수두차의 변화이다. 그림에서 보듯이, 같은 경로에



(a) 관로유출형



(b) 절점유출형

그림 6. 일자형관로의 형태

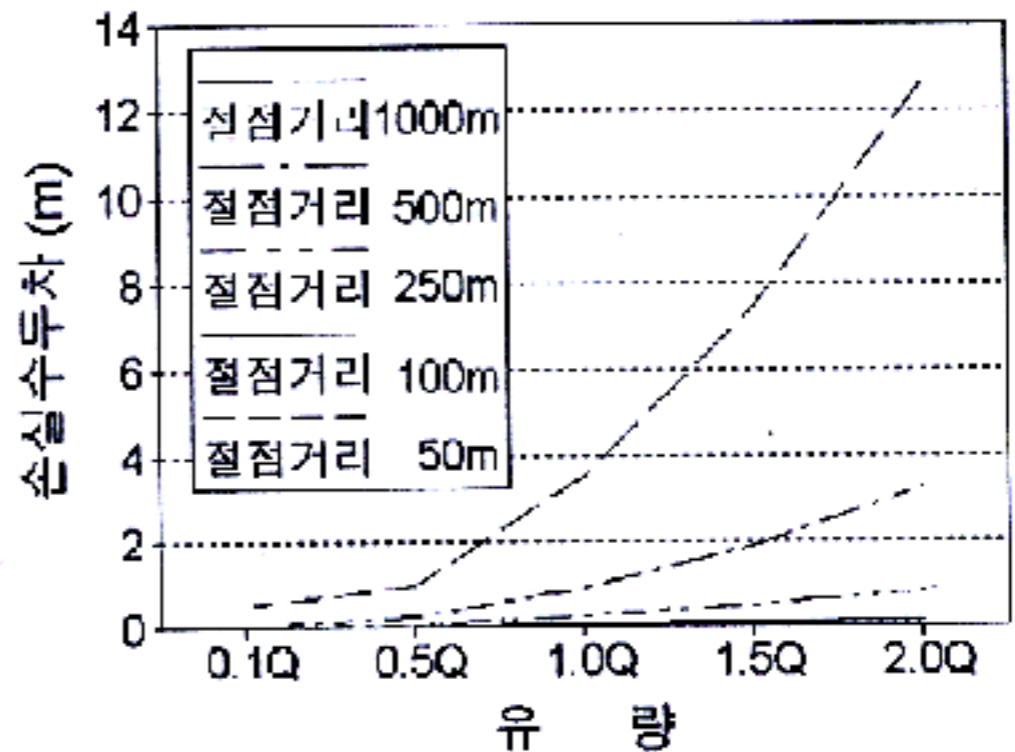


그림 7. 일자형 관로에서의 절점간 거리와 유량 변화에 따른 해석법간의 손실수두차

서 유출시점이 많아질수록 절점유출형해석법의 결과값이 관로유출형해석법에 가까워짐을 볼 수 있었으며, 절점간의 거리가 200m~300m 이상인 관로에서는 절점간의 거리가 멀수록 두 해석법간의 손실수두차가 급격하게 증가됨을 알 수 있었다.

2.2. 유량의 변화에 대한 분석

사용수량을 1Km²당 0.05m³/sec의 0.1배, 0.5배, 1배, 1.5배, 2배로 변화시키면서 절점유출형해석법과 관로유출형해석법의 손실수두차를 비교하였다. 그림 7에 유량에 따른 두 해석법간의 손실수두차를 나타냈다. 유량의 변화에 따른 두 해석법간의 손실수두차의 비는 모두 12.7%로 변함이 없음을 알 수 있는데 이는 유량증가로 인한 손실수두의 증가량에 따라서 두 해석법간의 차이는 같은 비율로 증가함을 알 수 있다.

2.3. C계수 변화에 대한 분석

C계수를 90, 100, 110, 120, 130, 140으로 변화시키면서 두 해석법을 비교·분석한 결과 C계수가 작을수록(관이 노후한 상태) 절점유출형해석법과 관로유출형해석법과의 손실수두차가 커졌다. C계수의 변화에 따른 두 해석법간의 손실수두차의 비율은 유량변화에 대한 분석에서와 같이 모두 12.7%로 동일한 결과를 볼 수 있었다. 그림 8은 일자형관로에서의 C계

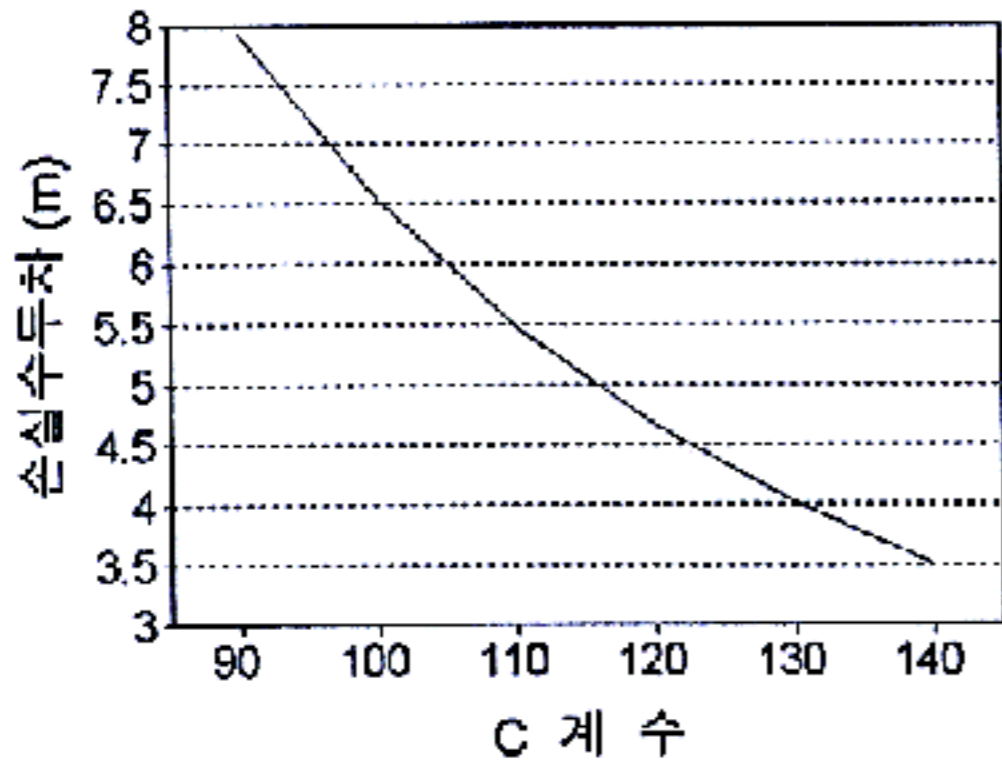


그림 8. 일자형 관로에서의 C계수에 따른 해석법간의 손실수두차

수에 따른 두 해석법간의 차이를 보여주고 있다.

3. 가상관망

3.1. 유량 변화에 대한 분석

가상관망의 관경(D)과 C계수는 변화시키지 않고 모든 절점의 사용수량을 동일하게 하고 총사용수량을 0.1, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0배로 변화시키면서 해석하고 말단점에서의 두 해석법간의 손실수두와 손실수두차를 비교·분석하였다. 그림 9에 말단점에서의 유량에 따른 두 해석법간의 손실수두차를 나타내었다. 그림에서 보듯이 격자형 관망에서도 일자형관망에서와 같이 유량이 증가함에 따라서 두 해석법간의 차는 커졌고, 유량 변화에 따른 두 해석법

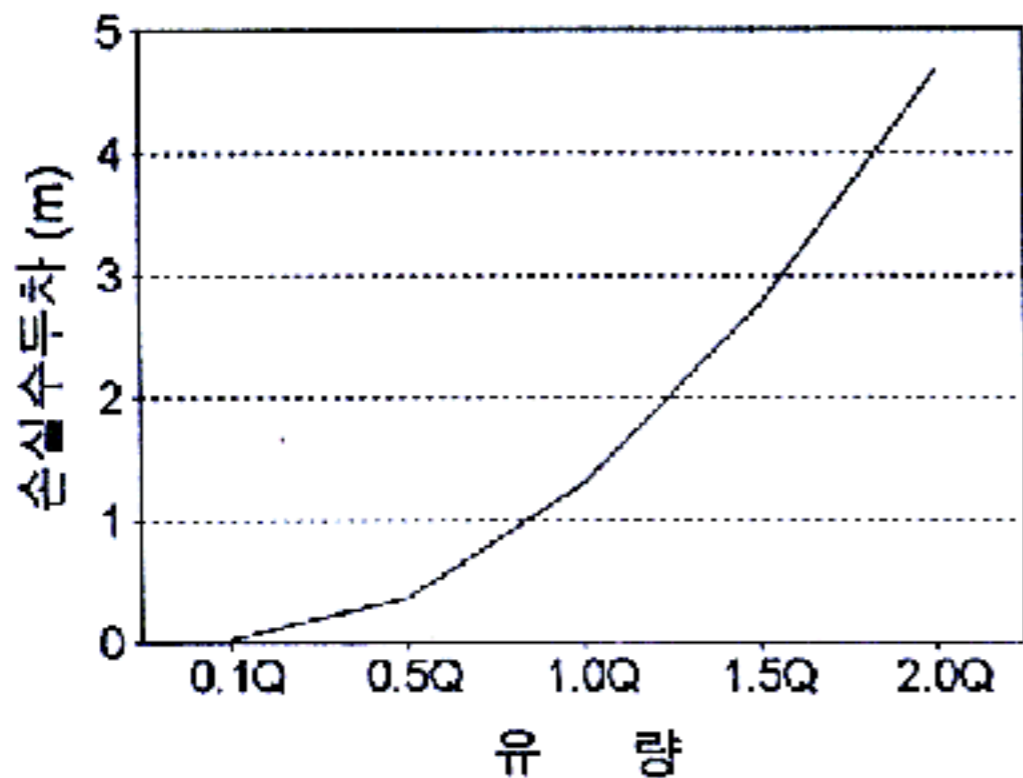


그림 9. 가상관망에서의 유량에 따른 해석법간의 손실수두차

간의 손실수두차의 비는 모두 8.08%로 변함이 없었다. 따라서 격자형 관망에서도 수두경사가 커짐에 따라서 두 해석법간의 차이가 증가되는 것을 확인할 수 있다.

3.2. C계수 변화에 대한 분석

C계수에 따른 가상관망에서의 절점유출형과 관로유출형해석법을 비교한 결과 일자형관의 경우와 같이 C계수가 작을수록 두 해석법간의 차이가 커졌다. 또한 C계수 변화에 따른 두 해석법간의 손실수두차의 비는 유량 변화에 대한 분석에서와 같이 모두 8.08%였다. 또한 손실수두차의 비율은 모두 같으므로 수두경사의 증가에 따라서 두 해석법간의 차이가 비례하여 증가한다고 볼 수 있다. 그림 10에 C계수에 따른 말단점에서의 손실수두차를 나타내었다.

3.3. 절점간 거리의 변화에 대한 분석

가상관망에 추가절점을 설치하여 절점유출형 해석법과 관로유출형해석과의 차이가 어떤 변화를 보이는가를 비교·분석하였다. 관로중에 추가절점수는 관로 1개당 1개, 3개, 4개, 7개, 9개, 19개, 39개로 7가지 경우에 대하여 분석한 결과 그림 11과 같이 격자형관망에서도 일자형관로와 같이 관로중에 유출지점인 절점을 증가시킬수록 즉 절점간의 거리가 짧아질수록 절점유출형해석법의 결과가 관로유출형해석법의 결과에 가까워 졌다. 절점간의 거리가

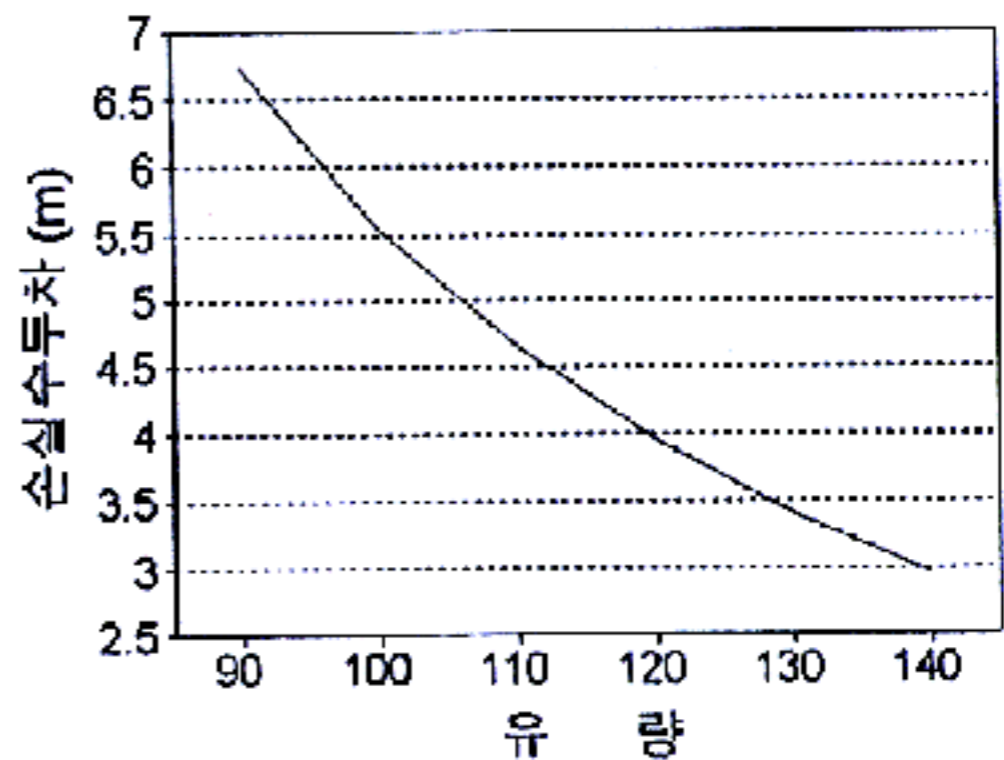


그림 10. 가상관망에서의 C계수에 따른 해석법간의 손실수두차

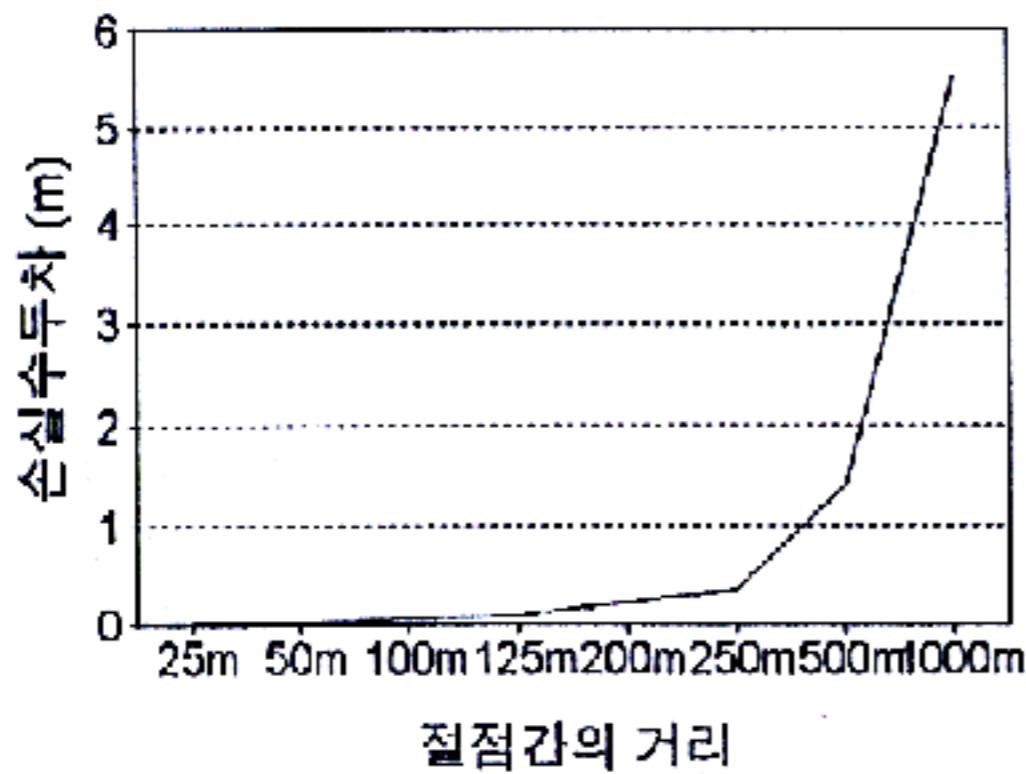


그림 11. 절점간의 거리에 따른 두 해석법의 말단점 손실수두차

200m 이하인 경우는 오차가 약 1.1% 이하로 시, 통상 배수관망해석에서 실제수두와의 허용 오차의 한계가 5~10%정도임을 감안할 때) 상당히 작은 오차라고 할 수 있다. 그러나 200m이상의 경우에는 절점간의 거리가 키질수록 두 해석법간에 큰 차이를 보이고 있으며, 특히 500m의 경우 6.5%, 1,000m의 경우 25.6%로 오차가 급격하게 커지는 것을 볼 수 있었다. 따라서, 절점간의 거리가 200~300m

이내가 되도록 하는 것이 바람직하다고 판단된다.

4. 실제 배수관망에의 적용

그림 12는 실제 배수관망의 예로 선택한 A시의 배수관망도이며 이 관망은 절점간의 길이가 대부분이 300m 이내이고 최상 길이는 850m이다. 여기서는 실제 배수관망에서의 절점간의 길이에 따른 영향을 파악하고자 절점간의 길이가 긴 관로에 추가절점을 설정하는 방법으로 절점간의 최대 거리를 50m, 100m, 250m, 500m로 제한한 4가지의 경우를 비교하였다.

그림 13에 절점 43에서부터 말단점까지의 절점간 거리에 따른 절점유출형해석과 관로유출형해석결과를 나타내었다. 분석결과 절점간의 거리가 250m 이하인 경우 말단점에서 절점유출형해석법과 관로유출형해석법간의 손실수두차의 비(%)가 0.5% 이하로 관로유출형과 거의 같다고 볼 수 있었고, 500m가 넘는 경우에는 1.13%의 차이를 보였다. 이 배수관망은 절점간의 거리가 300m를 넘는 경우가 전체 관로수의 약 12.2%이고, 500m를 넘는 경우는 약

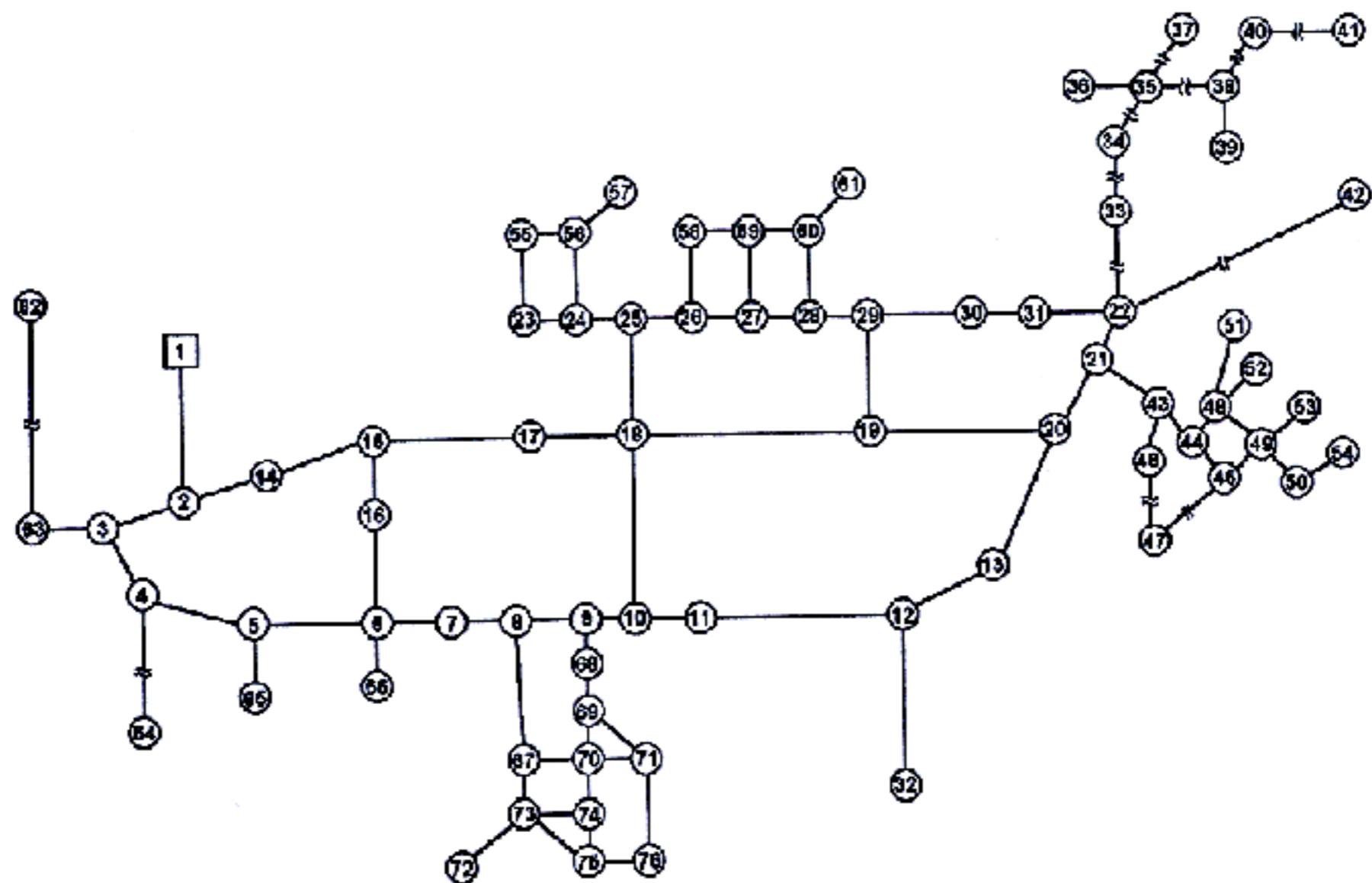


그림 12. 대상지역의 배수관망도

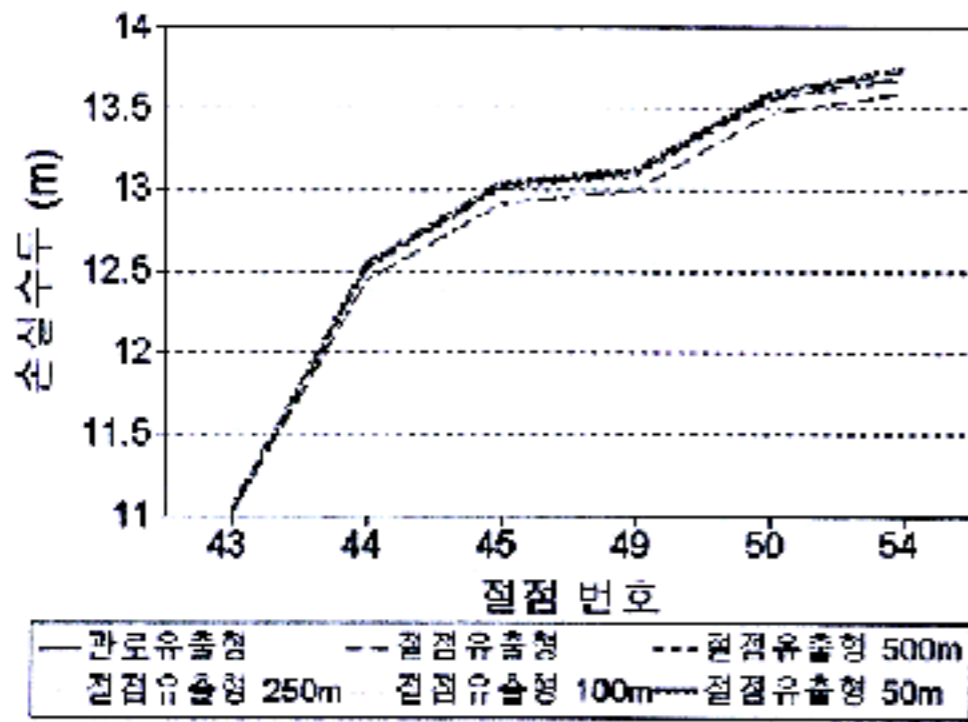


그림 13. 절점간 거리에 따른 해석법간의 손실수두치
3.3%에 불과하며, 또한 관망내의 수두경사도 상당히 작은 편이어서 두 해석법간의 차이가 더욱 작게 나타남 것으로 분석되었다.

IV. 결 론

본 연구에서는 사용수량의 유출조건에 따라 분류되는 관로유출형해석법과 절심유출형해석법을 일자형관로의 가상관망 그리고 실제관망에 적용하여 얻어진 결과를 비교, 분석하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 관로유출형은 절점의 설정수에 관계없이 계산된 손실수두는 거의 일정하였고, 절점유출형은 절심간의 거리가 길수록 오차가 크게 발생되었다.
2. 절점간의 관로길이가 200m 이하인 경우에는 그 차이가 크지 않았으나 300m 이상부터는 절점유출형해석법과 관로유출형해석법간의 차이가 급격하게 커졌다. 또한 수두경사가 커지는 경우에는 그 차이가 더욱 더 커짐을 볼 수 있었다.
3. 정확한 배수관망해석을 위해서는 배수면

적의 형태를 고려하여 적절한 지점에 절점을 설정하여야 하고 배수구역이 길어 절점간의 거리가 긴 관로에는 관로중에 절점을 추가하여 유출지심간의 거리를 200m 내지 300m 내외로 줄이고 특별한 경우에도 500m는 넘지 않도록 하는 것이 바람직하다고 볼 수 있다. 또한 절점간의 거리는 수두경사가 크게 나타나는, 즉 관경이 작을수록, C계수가 작을수록, 관로유량이 클수록 더 작게 고려해야 한다.

4. 검토대상으로 한 A시의 실제관망에서 절점간의 관로길이가 200m 내지 300m를 초과하는 관로에서 오차를 발생시켰다. 그러나 300m를 초과하는 관로는 전체의 12.2%정도, 500m를 초과하는 경우는 3.3%이고 수두경사 또한 매우 작아서 절점유출형해석법과 관로유출형해석법간의 차이가 상당히 작았다. 따라서 이러한 조건의 관망에 대해서는 기존의 절점법을 그대로 이용할 수 있음을 확인하였다.

참고문헌

1. Thomas M. Walski, Analysis of Water Distribution Systems, Van Nostrand Reinhold Company, 1984.
2. 高桑哲男, 配水管網の解析と設計, 森北出版株式會社, pp.117-120, 1978.
3. 高桑哲男 外, "에너지一位法による管路流出型管網の解析", 日本水道協會雜誌, 제 60권, 2호, 1991, pp.2-12.
4. 西川, 宇土, "大規模管網計算の高速化と管路取出시 모델による高精度化", 日本水道協會雜誌, 603호, 1984.
5. Bryan Coulbeck and Chun-Hou Orr, Computer Applications in Water Supply, Vol. 1-Systems Analysis and Simulation, pp.63-80, John Wiley & Sons INC, 1988.