



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년04월14일
(11) 등록번호 10-1512080
(24) 등록일자 2015년04월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 19/00 (2011.01)
(21) 출원번호 10-2014-0005257
(22) 출원일자 2014년01월15일
심사청구일자 2014년01월15일
(56) 선행기술조사문헌
한국방재학회 논문집 제13권 제4호,
2013.08(EPANET 기반의 Pressure Driven
Analysis 모형 개발 및 적용)

(73) 특허권자
지에스건설 주식회사
서울특별시 종로구 종로 33 (청진동)
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암
동5가)
(72) 발명자
오영기
경기도 안양시 동안구 신기대로 147, 307동 302호
(평촌동, 꿈마을아파트)
박용균
경기도 수원시 영통구 광교마을로 156, 4010동
1202호 (하동, 광교마을 40단지)
(뒷면에 계속)

(74) 대리인
제일특허법인

전체 청구항 수 : 총 9 항

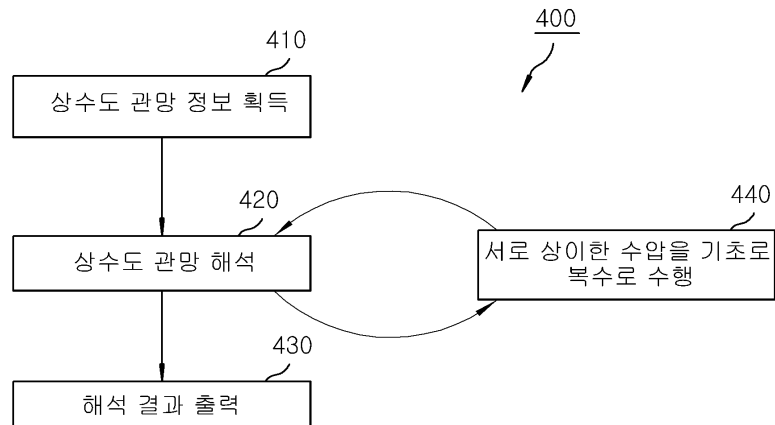
심사관 : 김동성

(54) 발명의 명칭 상수도 관망 해석 방법 및 장치와, 이를 실행하기 위한 프로그램이 기록된 기록매체

(57) 요약

상수도 관망 해석 방법 및 상수도 관망 해석 프로그램을 포함하는 컴퓨터 판독가능한 매체에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상수도 관망 정보를 획득하는 단계, 상기 획득된 상수도 관망 정보를 기초로 상기 상수도 관망을 해석하는 단계 및 상기 상수도 관망의 해석 결과를 출력하는 단계를 포함하며, 상기 상수도 관망을 해석하는 단계는, 기 설정된 제1 기간동안 측정된 상기 상수도 관망을 구성하는 절점(node)에서의 제1 수압에 기초하여 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정하는 단계를 포함할 수 있다. 따라서, 상수도의 절점에서의 공급 가능 유량을 수압에 따라 산정함으로써, 상수도 관망에 수리학적 상태 변화가 생겼을 때에 신뢰도 있는 상수도 관망 해석 결과를 도출할 수 있다.

대표도 - 도4a



(72) 발명자

김경필

경기도 용인시 기흥구 예현로35번길 21, 101동 204호 (서천동, 현대홈타운)

정성균

경기도 수원시 영통구 광고마을로 156, 4016동 1401호 (하동, 광고마을 40단지)

김중훈

서울특별시 성북구 종암로 25길 30 삼성래미안아파트 106동 302호

유도근

경기도 안양시 동안구 달안로 153 공작성일아파트 203동 507호

이호민

경기도 성남시 분당구 금곡로 233 청솔마을 동아아파트 1003동 501호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GT-11-G-02-001-2

부처명 환경부

연구관리전문기관 한국환경산업기술원

연구사업명 차세대 에코이노베이션 기술개발사업

연구과제명 스마트 블록시스템 설계 및 구축 기술개발

기여율 1/1

주관기관 GS건설

연구기간 2011.08.01 ~ 2016.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

상수도 관망 정보 획득부, 상수도 관망 해석부 및 해석 결과 출력부를 포함하는 상수도 관망 해석 장치에 의한 상수도 관망 해석 방법으로써, 상기 상수도 관망 해석 방법은,

상기 상수도 관망 정보 획득부에 의한 상수도 관망에 관한 정보를 획득하는 단계;

상기 상수도 관망 해석부에 의한 상기 획득된 상수도 관망에 관한 정보를 기초로 상기 상수도 관망을 해석하는 단계; 및

상기 해석 결과 출력부에 의한 상기 상수도 관망의 해석 결과를 출력하는 단계를 포함하며,

상기 상수도 관망 해석부에 의한 상기 상수도 관망을 해석하는 단계는,

상기 상수도 관망 해석부에 의한 상기 상수도 관망을 구성하는 절점(node)에서의 제1 수압 및 상기 상수도 관망을 구성하는 관로에서의 제1 유량에 기초하여 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정하는 단계; 및

상기 절점에서의 공급 가능 유량, 상기 제1 수압 및 상기 제1 유량을 기초로 상기 절점에서의 제2 수압과 상기 관로에서의 제2 유량을 산정하는 단계를 더 포함하고,

상기 상수도 관망 해석부에 의한 상기 상수도 관망을 해석하는 단계는,

상기 제1 수압과 상기 제2 수압의 차이값과 상기 제1 유량과 상기 제2 유량의 차이값의 합인 오차값이, 기 설정된 값보다 작은 경우에 충족되는 수렴도 조건에 대하여 상기 수렴도 조건을 충족시킬 때까지 반복 수행되고,

상기 상수도 관망을 해석하는 단계를 반복 수행시,

상기 제1 수압에는 상기 산정된 제2 수압이 할당되고 상기 제1 유량에는 상기 산정된 제2 유량이 할당되어 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 재산정한 이후에 상기 재산정된 절점에서의 공급 가능 유량, 상기 제1 수압, 상기 제1 유량을 기초로 상기 절점에서의 제2 수압과 상기 관로에서의 제2 유량이 갱신되는

상수도 관망 해석 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 수렴도 조건은,

상기 오차값이 상기 기 설정된 값보다 작지 않은 경우, 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정하는 단계의 반복 수행 횟수가 기 설정된 최대 반복수를 초과하면 충족되는,

상수도 관망 해석 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 상수도 관망 해석부에 의한 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정하는 단계는,

하기의 식을 이용하여 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정하는,

상수도 관망 해석 방법.

$$\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q \\ H \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -A_0 H_0 \\ -q^* \end{bmatrix}$$

여기서, A_{11} 은 관로별 손실수두의 정보를 포함하고, A_{12} 와 A_{21} 은 상기 절점과 관로의 연결 관계를 나타낸 행렬, Q 는 미지의 관로에서의 유량, H 는 미지의 절점에서의 수압, H_0 는 배수지 또는 펌프와 같은 기지의 수두값, q^* 는 상기 절점에서의 공급 가능 유량, A_0 은 배수지, 물탱크 등과 같은 고정절점수두를 갖는 절점들의 접속행렬을 의미한다.

A_{22} 는 상기 절점에서의 수압과 상기 절점에서의 공급 가능 유량의 관계를 다음의 식을 이용하여 나타낸다.

$$A_{22} = 0 \quad \dots\dots H < Z$$

$$A_{22} = \frac{q(H-Z)^m}{H(H^* - Z)^m} \quad \dots\dots Z \leq H < H^*$$

$$A_{22} = \frac{q}{H} \quad \dots\dots H^* \leq H$$

여기서, H^* 는 상기 절점에서의 총족 수두, Z 는 상기 절점에서의 최소 수두, q 는 상기 절점에서의 수요 유량, m 은 상기 절점에서의 수압이 상기 절점에서의 총족 수두 미만이면서 상기 절점에서의 최소 수두 이상일 때 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정하기 위하여 사용되는 매개변수를 나타낸다.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 상수도 관망 해석부에 의한 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정하는 단계는,

상기 식을 이용하여 반복 수행되고,

상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정하는 단계를 반복 수행 시마다 상기 매개변수 m 은 난수발생기에 발생되어 서로 상이한 값을 갖는,

상수도 관망 해석 방법.

청구항 8

제 1 항 또는 제 5 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항의 상수도 관망 해석 방법을 수행하기 위한 컴퓨터 프로그램이 기록된 기록매체.

청구항 9

상수도 관망에 관한 정보를 획득하는 상수도 관망 정보 획득부;

상기 획득된 상수도 관망에 관한 정보를 기초로 상기 상수도 관망을 해석하는 상수도 관망 해석부; 및

상기 상수도 관망에 대한 해석 결과를 출력하는 해석 결과 출력부를 포함하며,

상기 상수도 관망 해석부는,

상기 상수도 관망을 구성하는 절점(node)에서의 제1 수압 및 상기 상수도 관망을 구성하는 관로에서의 제1 유량에 기초하여 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정하고,

상기 절점에서의 공급 가능 유량, 상기 제1 수압 및 상기 제1 유량을 기초로 상기 절점에서의 제2 수압과 상기 관로에서의 제2 유량을 산정하며,

상기 제1 수압과 상기 제2 수압의 차이값과 상기 제1 유량과 상기 제2 유량의 차이값의 합인 오차값이 기 설정된 값보다 작은 경우에 충족되는 수렴도 조건에 대하여, 상기 수렴도 조건을 충족시킬 때까지 상기 상수도 관망을 해석하는 것을 반복 수행하고,

상기 상수도 관망을 해석하는 것을 반복 수행시,

상기 제1 수압에는 상기 산정된 제2 수압이 할당되고 상기 제1 유량에는 상기 산정된 제2 유량이 할당되어, 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 재산정한 이후에, 상기 재산정된 절점에서의 공급 가능 유량, 상기 제1 수압, 상기 제1 유량을 기초로 상기 절점에서의 제2 수압과 상기 관로에서의 제2 유량이 갱신되는

상수도 관망 해석 장치.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

제 9 항에 있어서,

상기 수렴도 조건은,

상기 오차값이 상기 기 설정된 값보다 작지 않은 경우, 상기 절점에서의 공급 가능 유량 산정의 반복 수행 횟수

가 기 설정된 최대 반복수를 초과하면 충족되는,
상수도 관망 해석 장치.

청구항 14

제 9 항에 있어서,
상기 상수도 관망 해석부는,
하기의 식을 이용하여 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정하는,
상수도 관망 해석 장치.

$$\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q \\ H \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -A_0 H_0 \\ -q^* \end{bmatrix}$$

여기서, A_{11} 은 관로별 손실수두의 정보를 포함하고, A_{12} 와 A_{21} 은 상기 절점과 관로의 연결 관계를 나타낸 행렬, Q 는 미지의 관로에서의 유량, H 는 미지의 절점에서의 수압, H_0 는 배수지 또는 펌프와 같은 기지의 수두값, q^* 는 상기 절점에서의 공급 가능 유량, A_0 은 배수지, 물탱크 등과 같은 고정절점수두를 갖는 절점들의 접속행렬을 의미한다.

A_{22} 는 상기 절점에서의 수압과 상기 절점에서의 공급 가능 유량의 관계를 다음의 식을 이용하여 나타낸다.

$$A_{22} = 0 \quad \dots\dots H < Z$$

$$A_{22} = \frac{q(H-Z)^m}{H(H^* - Z)^m} \quad \dots\dots Z \leq H < H^*$$

$$A_{22} = \frac{q}{H} \quad \dots\dots H^* \leq H$$

여기서, H^* 는 상기 절점에서의 충족 수두, Z 는 상기 절점에서의 최소 수두, q 는 상기 절점에서의 수요 유량, m 은 상기 절점에서의 수압이 상기 절점에서의 충족 수두 미만이면서 상기 절점에서의 최소 수두 이상일 때 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정하기 위하여 사용되는 매개변수를 나타낸다.

청구항 15

제 14 항에 있어서,
상기 상수도 관망 해석부는,

상기 식을 이용하여 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정하는 것을 반복하여 수행하고,
 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정하는 것을 반복하여 수행시마다 상기 매개변수 m 은 서로 상이한 값을 갖는,
 상수도 관망 해석 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 상수도 관망 해석 방법 및 상수도 관망 해석 장치와, 이를 컴퓨터에서 실행하기 위한 프로그램이 기록된 기록매체에 관한 것이다. 보다 상세하게는 상수도의 절점에서의 공급 가능 유량을 수압에 따라 산정함으로써, 상수도 관망에 수리학적 상태 변화가 생겼을 때에 신뢰도 있는 상수도 관망 해석 결과를 도출할 수 있는 상수도 관망 해석 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] Demand Driven Analysis(이하, DDA) 기법은 상수도 시스템의 수리학적 해석 방법 중의 하나로써, 절점(node)에서 요구(demand)되는 수요 유량은 항상 100% 충족 가능하다는 가정하에 연속방정식과 순환방정식을 이용하여 각 절점의 수압을 계산한다.

[0003] DDA 기법으로 상수도 관망을 해석함에 있어서, 상수도 관망의 상태가 정상적인 경우가 아닌, 상수도 관망에 수리학적 변화가 생겼을 때에는 해석 결과의 신뢰도가 문제될 수 있다. 예를 들면 관로의 차단으로 인하여 특정 절점으로 공급되는 용수의 경로가 기존의 경로보다 길어져서 손실수두가 발생하거나 혹은 화재 진압 등에 의해서 국소 지역에서의 수요 유량이 급격하게 증가하게 되는 경우, 일부 절점에서는 부압이 발생하는 등의 비현실적인 해석 결과가 도출될 수 있다. 이는, 상수도 관망에 수리학적 변화가 발생시에는 수요 유량이 100% 충족될 수 없음에도, DDA 기법은 수요 유량이 100% 충족될 수 있다고 전제하여 수압을 계산하기 때문이다.

[0004] 이러한 문제점을 갖는 DDA 기법은 미국 환경청에서 개발한 상수 관망 해석 프로그램인 EPANET과 KYPPIPE 등의 여러 프로그램에서 채용하고 있는 바, DDA 기법이 적용된 상기 프로그램으로 상수도 관망을 해석한 결과 역시 신뢰도에 문제가 있을 수 있다.

[0005] 따라서, 상수도 관망에 수리학적 변화가 생겼을 때에도 신뢰도 있는 상수도 관망 해석 결과를 도출할 수 있는 방법 및 장치와, 이를 실행하기 위한 프로그램이 기록된 기록매체의 개발이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 전술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위해 제안된 것으로서, 상수도 관망에 수리학적 상태 변화가 생겼을 때에 신뢰도 있는 상수도 관망 해석 결과를 도출할 수 있는 상수도 관망 해석 방법에 관한 것이다.

[0007] 또한, 본 발명은 상수도 관망에 수리학적 상태 변화가 생겼을 때에 신뢰도 있는 상수도 관망 해석 결과를 도출할 수 있는 상수도 관망 해석 장치에 관한 것이다.

[0008] 또한, 본 발명은 상수도 관망에 수리학적 상태 변화가 생겼을 때에 신뢰도 있는 상수도 관망 해석 결과를 도출할 수 있는 프로그램을 기록한 기록매체에 관한 것이다.

[0009] 다만, 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지는 않았으나 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있는 목적을 포함할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 대표적인 구성은 다음과 같다.
- [0011] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상수도 관망 해석 방법은, 상수도 관망에 관한 정보를 획득하는 단계, 상기 획득된 상수도 관망에 관한 정보를 기초로 상기 상수도 관망을 해석하는 단계 및 상기 상수도 관망의 해석 결과를 출력하는 단계를 포함하며, 상기 상수도 관망을 해석하는 단계는, 상기 상수도 관망을 구성하는 절점(node)에서의 제1 수압에 기초하여 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정하는 단계는, 상기 제1 수압과 함께, 상기 상수도 관망을 구성하는 관로에서의 제1 유량을 이용하여 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 상수도 관망을 해석하는 단계는, 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정하는 단계 이후에, 상기 절점에서의 공급 가능 유량, 상기 제1 수압 및 상기 제1 유량을 기초로 상기 절점에서의 제2 수압과 상기 관로에서의 제2 유량을 산정하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 제1 수압과 상기 제2 수압의 차이값과 상기 제1 유량과 상기 제2 유량의 차이값의 합인 오차값이, 기 설정된 값보다 작은 경우에 충족되는 수렴도 조건에 대하여, 상기 상수도 관망을 해석하는 단계는 상기 수렴도 조건을 충족시킬 때까지 반복 수행되고, 상기 상수도 관망을 해석하는 단계를 반복 수행시, 상기 제1 수압에는 상기 산정된 제2 수압이 할당되고 상기 제1 유량에는 상기 산정된 제2 유량이 할당되어 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 재산정한 이후에, 상기 재산정된 절점에서의 공급 가능 유량, 상기 제1 수압, 상기 제1 유량을 기초로 상기 절점에서의 제2 수압과 상기 관로에서의 제2 유량이 갱신될 수 있다.
- [0015] 또한, 상기 수렴도 조건은, 상기 오차값이 상기 기 설정된 값보다 작지 않은 경우, 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정하는 단계의 반복 수행 횟수가 기 설정된 최대 반복수를 초과하면 충족될 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정하는 단계는, 하기의 식을 이용하여 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정될 수 있다.

$$\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q \\ H \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -A_0 H_0 \\ -q^* \end{bmatrix}$$

- [0017]
- [0018] 여기서, A_{11} 은 관로별 손실수두의 정보를 포함하고, A_{12} 와 A_{21} 은 상기 절점과 관로의 연결 관계를 나타낸 행렬, Q 는 미지의 관로에서의 유량, H 는 미지의 절점에서의 수압, H_0 는 배수지 또는 펌프와 같은 기지의 수두값, q^* 는 상기 절점에서의 공급 가능 유량, A_0 은 배수지, 물탱크 등과 같은 고정절점수두를 갖는 절점들의 접속행렬을 의미한다.
- [0019] A_{22} 는 상기 절점에서의 수압과 상기 절점에서의 공급 가능 유량의 관계를 다음의 식을 이용하여 나타낸다.

$$A_{22} = 0 \quad \dots\dots H < Z$$

$$A_{22} = \frac{q(H-Z)^m}{H(H^* - Z)^m} \quad \dots\dots Z \leq H < H^*$$

$$A_{22} = \frac{q}{H} \quad \dots\dots H^* \leq H$$

[0020]

[0021] 여기서, H^* 는 상기 절점에서의 충족 수두, Z 는 상기 절점에서의 최소 수두, q 는 상기 절점에서의 수요 유량, m 은 상기 절점에서의 수압이 상기 절점에서의 충족 수두 미만이면서 상기 절점에서의 최소 수두 이상일 때 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정하기 위하여 사용되는 매개변수를 나타낸다.

[0022] 또한, 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정하는 단계는, 상기 식을 이용하여 반복 수행되고, 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정하는 단계를 반복 수행 시마다 상기 매개변수 m 은 서로 상이한 값을 가질 수 있다.

[0023] 본 발명의 다른 실시예인 기록매체는 전술한 상수도 관망 해석 방법을 수행하기 위한 컴퓨터 프로그램이 기록되어 있을 수 있다.

[0024] 본 발명의 또 다른 실시예인 상수도 관망 해석 장치는 상수도 관망에 관한 정보를 획득하는 상수도 관망 정보 획득부, 상기 획득된 상수도 관망에 관한 정보를 기초로 상기 상수도 관망을 해석하는 상수도 관망 해석부 및 상기 상수도 관망에 대한 해석 결과를 출력하는 해석 결과 출력부를 포함하며, 상기 상수도 관망 해석부는, 상기 상수도 관망을 구성하는 절점(node)에서의 제1 수압에 기초하여 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정할 수 있다.

[0025] 또한, 상기 상수도 관망 해석부는, 상기 제1 수압과 함께, 상기 상수도 관망을 구성하는 관로에서의 제1 유량을 이용하여 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정할 수 있다.

[0026] 또한, 상기 상수도 관망 해석부는, 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정한 이후에, 상기 절점에서의 공급 가능 유량, 상기 제1 수압 및 상기 제1 유량을 기초로 상기 절점에서의 제2 수압과 상기 관로에서의 제2 유량을 산정할 수 있다.

[0027] 또한, 상기 제1 수압과 상기 제2 수압의 차이값과 상기 제1 유량과 상기 제2 유량의 차이값의 합인 오차값이, 기 설정된 값보다 작은 경우에 충족되는 수렴도 조건에 대하여, 상기 상수도 관망 해석부는 상기 수렴도 조건을 충족시킬 때까지 상기 상수도 관망을 해석하는 것을 반복 수행하고, 상기 상수도 관망을 해석하는 것을 반복 수행시, 상기 제1 수압에는 상기 산정된 제2 수압이 할당되고 상기 제1 유량에는 상기 산정된 제2 유량이 할당되어, 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 재산정한 이후에, 상기 재산정된 절점에서의 공급 가능 유량, 상기 제1 수압, 상기 제1 유량을 기초로 상기 절점에서의 제2 수압과 상기 관로에서의 제2 유량이 갱신될 수 있다.

[0028] 또한, 상기 수렴도 조건은, 상기 오차값이 상기 기 설정된 값보다 작지 않은 경우, 상기 절점에서의 공급 가능 유량 산정의 반복 수행 횟수가 기 설정된 최대 반복수를 초과하면 충족될 수 있다.

[0029] 또한, 상기 상수도 관망 해석부는, 하기의 식을 이용하여 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q \\ H \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -A_0 H_0 \\ -q^* \end{bmatrix}$$

[0030]

[0031]

여기서, A_{11} 은 관로별 손실수두의 정보를 포함하고, A_{12} 와 A_{21} 은 상기 절점과 관로의 연결 관계를 나타낸 행렬, Q 는 미지의 관로에서의 유량, H 는 미지의 절점에서의 수압, H_0 는 배수지 또는 펌프와 같은 기지의 수두값, q^* 는 상기 절점에서의 공급 가능 유량, A_0 은 배수지, 물탱크 등과 같은 고정절점수두를 갖는 절점들의 접속행렬을 의미한다.

[0032]

A_{22} 는 상기 절점에서의 수압과 상기 절점에서의 공급 가능 유량의 관계를 다음의 식을 이용하여 나타낸다.

$$A_{22} = 0 \quad \dots\dots H < Z$$

$$A_{22} = \frac{q(H-Z)^m}{H(H^* - Z)^m} \quad \dots\dots Z \leq H < H^*$$

$$A_{22} = \frac{q}{H} \quad \dots\dots H^* \leq H$$

[0033]

[0034]

여기서, H^* 는 상기 절점에서의 총족 수두, Z 는 상기 절점에서의 최소 수두, q 는 상기 절점에서의 수요 유량, m 은 상기 절점에서의 수압이 상기 절점에서의 총족 수두 미만이면서 상기 절점에서의 최소 수두 이상일 때 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정하기 위하여 사용되는 매개변수를 나타낸다.

[0035]

또한, 상기 상수도 관망 해석부는, 상기 식을 이용하여 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정하는 것을 반복하여 수행하고, 상기 절점에서의 공급 가능 유량을 산정하는 것을 반복하여 수행시마다 상기 매개변수 m 은 서로 상이한 값을 가질 수 있다.

발명의 효과

[0036]

본 발명의 실시예에 따르면, 상수도의 절점에서의 공급 가능 유량을 수압에 따라 산정함으로써, 상수도 관망에 수리학적 상태 변화가 생겼을 때에도 신뢰도 있는 상수도 관망 해석 결과를 도출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0037]

도 1은 상수도 관망의 일 예를 도식화한 도면이다.

도 2는 도 1의 상수도 관망을 DDA 기법으로 해석한 결과를 표로 도시한 도면이다.

도 3은 도 1의 상수도 관망을 본 발명의 일 실시예에 따른 상수도 관망 해석 방법으로 해석한 결과를 표로 도시

한 도면이다.

도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따른 상수도 관망을 해석하는 방법을 도시한 도면이다.

도 4b는 본 발명의 일 실시예에 따라 상수도 관망을 해석하는 단계를 도시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 상수도 관망 해석 장치의 구성을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0038] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0039] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명의 실시예에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0040] 이하 본 발명의 실시예를 설명함에 있어, 본 발명의 실시예는 '상수도'를 해석하는 방법 등이라고 기재하고 있지만, 본 명세서에 기재된 모든 기술적 사상은 '하수도'를 해석하는 방법 및 '하수도'를 해석하는 컴퓨터 프로그램에도 적용될 수 있다.

[0041] 또한, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 살펴보기 전에, 본 발명의 실시예가 해결하고자 하는 문제점을 갖고 있는 종래의 상수도 관망 해석 기법인 DDA 기법 및 DDA 기법을 채용하고 있는 관망 해석 프로그램(EPANET)에 대하여 보다 자세하게 살펴보기로 한다.

[0042] Demand Driven Analysis(이하, DDA) 기법은 상수도 시스템의 수리학적 해석 방법 중의 하나로써, 절점(node)에서 요구(demand)되는 수요 유량은 항상 100% 충족 가능하다는 전제하에 연속방정식과 순환방정식을 이용하여 각 절점의 수압을 계산한다.

[0043] 다음의 수학적 식 1은 DDA 기법에 사용되는 gradient algorithm을 행렬의 형태로 나타낸 것이다.

수학적 식 1

$$\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q \\ H \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -A_0 H_0 \\ -q^* \end{bmatrix}$$

[0044]

[0045] 식(1)에서, 행렬 A_{11} 은 관로별 손실수두의 정보를 포함한다. A_{12} 와 A_{21} 은 미지의 수두 및 유량값을 갖는 절점 및 관로들의 실제 위상을 나타내는 접속 행렬, 즉 절점과 관로의 연결 관계를 나타낸 행렬을 의미한다. 또한, Q 는 미지의 관로별 유량, H 는 미지의 절점별 수두, H_0 는 배수지 또는 펌프와 같은 기지의 수두값, q^* 는 절점별 공급 가능 유량을 의미한다. 또한, A_0 은 배수지, 물탱크 등과 같은 고정절점수두를 갖는 절점들의 접속행렬을 의미한다.

[0046] 한편, A_{22} 는 절점에서의 수압과 공급 가능 유량의 관계를 나타내는데, DDA 기법에서는 수학적 식 (1)에서 볼 수 있는 바와 같이 A_{22} 는 영행렬이다. 이러한 수학적 식 1을 기초로, DDA 기법은 절점에서 요구되는 수요 유량은 수압과 상관없이 100% 충족될 수 있다고 전제한다.

[0047] 이러한 DDA 기법은 미국 환경청에서 개발한 상수 관망 해석 프로그램인 EPANET 등의 여러 프로그램에서 채용하고 있다. 따라서, EPANET 프로그램을 이용해서 상수도 관망을 해석하는 경우, 수요 유량은 수압과 상관없이 100% 충족될 수 있다는 전제 하에 해석된 결과를 얻을 수 있을 뿐이다.

[0048] 이하에서는 DDA 기법을 채용한 EPANET 프로그램을 이용해서, 상수도 관망에 수리학적 변화가 생겼을 때 해석한 결과를 살펴보기로 한다.

[0049] 도 1은 상수도 관망의 일 예를 도시한 도면이고, 도 2는 도 1의 상수도 관망을 DDA 기법으로 해석한 결과를 표로 도시한 도면이다.

[0050] 먼저 도 1을 참조하면, 상수도 관망(100)은 용수를 공급하기 위한 탱크, 적어도 하나의 절점 및 적어도 하나의 관로를 포함할 수 있으며, 본 예에서의 상수도 관망(100)은 용수를 공급하기 위한 소스 탱크(110), 제1 절점(120), 제2 절점(121), 제3 절점(122), 제4 절점(123), 제1 관로(130), 제2 관로(131), 제3 관로(132), 제4 관로(133)를 포함하고 있다.

[0051] 소스 탱크(110)는 상수도 관망(100)을 구성하는 절점(120 내지 123)으로 관로(130 내지 133)를 통해 용수를 공급하는 역할을 하며, 도 1에서 소스 탱크(110)는 예시적으로 109.86m의 초기 수위를 갖는다.

[0052] 각 절점(120 내지 123)에 대하여 표고(altitude) 및 수요 유량(Q)이 지정되어 있는데, 예시적으로 각 절점의 표고 및 수요 유량은 다음과 같다.

[0053] 제1 절점(120) : 90m, 2m³/min 제2 절점(121) : 88m, 2m³/min

[0054] 제3 절점(122) : 90m, 3m³/min 제4 절점(123) : 85m, 1m³/min

[0055] 상수도 관망이 정상일 때에는, 각 절점에서의 수요 유량은 100% 충족될 수 있다. 따라서, 다음과 같은 식을 이용하는 DDA 기법으로 상수도 관망을 해석하여도, 절점에서의 수압 계산 결과에는 문제가 없다.

[0056]
$$\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q \\ H \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -A_0 H_0 \\ -q^* \end{bmatrix}$$

[0057] 그러나, 상수도 관망이 정상이 아닐 경우, 즉 상수도 관망에 수리학적 상태 변화가 생긴 비정상 상태에서는, DDA 기법에 의하는 경우 압력 계산 결과에 문제가 발생할 수 있다. 예를 들면 관로의 차단 등으로 인해 특정 절점으로 용수가 공급되는 경로가 길어지거나, 또는 화재 진압 시와 같이 국소 지역에서 수요 유량이 급격하게 증가하는 경우 DDA 기법에 의한 결과에 따르면 일부 절점에서 부압이 생길 수 있다. 왜냐하면, 이러한 상태에서는 현실적으로 절점에서의 수요 유량이 100% 충족될 수 없음에도 불구하고, DDA 기법에서는 절점에서의 수요 유량이 언제나 100% 충족된다는 가정하에서 수압을 계산하기 때문이다. 도 2에서 이러한 결과를 확인할 수 있다.

[0058] 도 2는 도 1의 상수도 관망을 DDA 기법으로 해석한 결과를 나타낸 도면이다.

[0059] 도 2를 참조하면, DDA 기법으로 해석한 정상 상태와 비정상 상태(예를 들면, 화재 진압시)에서의 수요 유량과 수압이 표시되어 있다. 정상 상태에서의 해석 결과인 수요 유량과 수압의 값에는 문제가 없다.

[0060] 그러나, 화재가 발생하는 등의 비정상 상태에서의 해석 결과에는 문제가 있다. 구체적으로, 화재 발생으로 제4 절점(123)에서의 수요 유량이 급격하게 증가(예를 들면, 1m³/min에서 4m³/min으로 증가)하면, 제3 절점(122)의 수압은 거의 0에 가깝도록 떨어지는 반면(11.08에서 0.02로 떨어짐), 제3 절점(122)에서의 수요 유량은 여전히 3m³/min가 유지되고 있는 것을 알 수 있다.

[0061] 즉, 수압이 0에 가깝도록 떨어졌음에도 불구하고 수요 유량이 유지되는 해석 결과가 도출된 것이다. 이는 앞서 언급한 바와 같이, DDA 기법은 절점에서의 수요 유량이 언제나 100% 충족되는 것을 전제하고 있기 때문이다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는, 절점에서의 공급 가능 유량이 수압에 따라 가변될 수 있음을 전제로 한 상수도 관망 해석 기법이 요구된다.

[0062] 도 3은 도 1의 상수도 관망을 본 발명의 실시예에 따른 상수도 해석 방법으로 해석한 결과를 표로 도시한 도면이다.

[0063] 도 3을 참조하면, 화재가 발생하였다는 가정 하에 제4 절점(123)에서의 수요 유량이 급격하게 증가(예를 들면, 1m³/min에서 3.13m³/min으로 증가)하였을 때, 제3 절점(122)의 수압이 6.57m로 떨어짐에 따라 유량도 3m³/min에서 2.321m³/min으로 같이 떨어진 것을 볼 수 있다.

[0064] 또한, 소스 탱크(110)의 수위가 감소함에 따라서 각 절점(120 내지 123)에서의 수압이 감소하게 되면, 각 절점(120 내지 123)에서의 유량 역시 감소하게 되는 것을 볼 수 있다.

[0065] 이러한 해석 결과는 절점에서의 수요 유량은 수압에 따라 가변적이라는 전제를 갖는, 상수도 관망 해석 방법 중의 하나인 Pressure Demand Analysis 기법(이하 PDA 기법)을 적용함으로써 도출된 것이다. 이하에서는, 본 발명에서 채용하고 있는 PDA 기법에 대해 살펴보기로 한다.

[0066] PDA 기법은 절점에서의 공급 가능 유량을 수압에 따라 산출한다. 수압과 공급 가능 유량은 모두 미지수로 주어지며, 수치 계산을 통해 그 값이 결정된다. 즉, PDA 기법은 DDA 기법에서와 같이 절점에서의 수요 유량이 언제나 100% 충족된다고 전제하지 않고 수압에 따라 공급 가능 유량을 산출한다. 따라서, PDA 기법을 활용하면 비정상 상태에서도 신뢰도 있는 해석 결과를 얻을 수 있다.

[0067] PDA 기법에 대하여 보다 자세하게 살펴보면, PDA 기법은 DDA 기법의 gradient algorithm을 수정한 global gradient algorithm이 적용된 모델이다. 다음의 수학적 2는 이러한 global gradient algorithm을 행렬의 형태로 나타낸 것이다.

수학적 2

$$\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q \\ H \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -A_0 H_0 \\ -q^* \end{bmatrix}$$

[0068]

[0069]

[0070] 수학적 2에서, 행렬 A₁₁은 관로별 손실수두의 정보를 포함하며, A₁₂와 A₂₁은 미지의 수두 및 유량값을 갖는 절점 및 관로들의 실제 위상, 즉 절점들과 관로들의 상호 접속 관계를 나타내는 접속 행렬이다. 또한, Q는 미지의 관로에서의 유량, H는 미지의 절점에서의 수압, H₀는 배수지 또는 펌프와 같은 기지의 수두값, q*는 절점에서의 공급가능유량을 의미한다. 또한, A₀은 배수지, 물탱크 등과 같은 고정절점수두를 갖는 절점들의 접속행렬을 의미한다.

[0071] 한편, DDA 기법에서 A₂₂가 영행렬(수학적 1 참조)인 것과는 달리, PDA 기법에서 A₂₂는 대각(diagonal) 행렬로 구성된다. A₂₂는 공급 가능 유량과 수압의 관계를 나타내는 행렬로써, 다음과 같은 비선형의 수학적 3으로 정의될 수 있다.

수학식 3

$$A_{22}(i,j)=0 \quad \dots\dots H_j < Z_i$$

$$A_{22}(i,j)=\frac{q_i(H_i-Z_i)^{1/2}}{H_i(H_i^*-Z_i)^{1/2}} \quad \dots\dots Z_i \leq H_i < H_i^*$$

$$A_{22}(i,j)=\frac{q_i}{H_i} \quad \dots\dots H_i^* \leq H_i$$

[0072]

[0073]

HOR (Head-Outflow Relation) 관계식으로 지칭되는 수학식 2와 수학식 3을 조합하여 살펴보면, 수압(H_i)이 충족 수두(H_i^{*}) 이상일 경우 절점의 공급 가능 유량(q^{*})은 수요 유량을 100% 충족시킬 수 있고, 수압이 최소 수두(Z_i) 이하일 경우 절점의 공급 가능 유량(q^{*})은 0이며, 수압(H_i)이 충족 수두(H_i^{*})와 최소 수두(Z_i) 사이일 경우 절점에서의 공급 가능 유량(q^{*})은 수압(H_i)에 따라 가변된다. 이 때, q_i는 절점에서의 수요 유량을 나타낸다.

[0074]

PDA 기법에서는 상수도의 절점에서의 공급 가능 유량을 수압에 따라 산정하기 때문에, 상수도 관망에 수리학적 상태 변화가 생겼을 때에도 신뢰도 있는 상수도 관망 해석 결과를 도출할 수 있다. 이하에서는 이러한 PDA 기법을 적용하여 상수도 관망을 해석하는 방법에 대해 살펴보기로 한다.

[0075]

도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따른 상수도 관망을 해석하는 방법을 도시한 도면이다. 다만, 이러한 도 4a의 상수도 관망 해석 방법은 본 발명의 일 실시예에 불과하므로 도 4a를 통해 본 발명이 한정 해석되는 것은 아니다.

[0076]

도 4a를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 상수도 관망을 해석하는 방법(400)은 상수도 관망 정보를 획득하는 단계(410), 획득한 정보를 기초로 상수도 관망을 해석하는 단계(420), 및 해석 결과를 출력하는 단계(430)를 포함할 수 있으며, 다만 이러한 단계 이외에 다른 단계를 더 포함하는 것을 배제하는 것은 아니다.

[0077]

상수도 관망 정보를 획득하는 단계(410)에서는 상수도 관망을 구성하기 위한 정보, 수리해석 및 수질해석 관련 정보 등을 획득할 수 있으며, 본 발명의 일 실시예에 따른 상수도 관망 해석 방법(400)은 HOR 관계식을 이용하므로, HOR 관계식과 관련된 정보 역시 획득할 수 있다.

[0078]

상수도 관망을 해석하는 단계(420)에서는, 전술한 HOR 관계식을 적용한 PDA 기법으로 수리해석을 수행하고 또한 수질해석을 수행할 수 있다.

[0079]

특히, 상수도 관망을 해석하는 단계(420)는 반복 수행될 수 있는데, 본 발명의 일 실시예에서는 이를 앙상블 기법(440)이라고 지칭한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 상수관 관망 해석 단계(420)에서의 앙상블 기법(440)이란, 복수의 서로 다른 HOR 관계식을 생성한 뒤, 이러한 HOR 관계식을 적용한 PDA 기법을 반복 수행하고, 반복 수행한 결과값을 통계 처리(예를 들면, 평균이나 표준 편차 등)하는 것을 의미한다.

[0080]

앙상블 기법(440)을 위해서는, 복수의 서로 다른 HOR 관계식을 생성하기 위하여 복수의 서로 다른 매개변수값이

필요한데, 이러한 복수의 매개변수값은 상수도 관망 정보 획득 단계(410)에서 난수발생기를 사용하여 발생시킬 수 있다. 여기서, 서로 다른 복수의 매개변수값의 갯수는 상수도 관망 정보를 획득하는 단계(410)에서 '몬테카를로 시뮬레이션 반복 수'로 정의될 수 있다.

[0081] 이 때, 매개변수값이란 수압(H_i)이 층속 수두(H_i^*)와 최소 수두(Z_i) 사이의 범위에 있을 때 HOR 관계식의 A_{22} 를 결정하기 위하여 사용되는 변수이다. 본 발명의 실시예에서는 수학식 3에서 수압(H_i)이 층속 수두(H_i^*)와 최소 수두(Z_i) 사이일 경우, 분자와 분모의 지수가 매개변수이며, 본 수학식 3에서는 그 값이 1/2이다.

[0082] 다만, 상수도 관망을 분석하는데 있어서 이러한 양상불 기법(440)의 적용 여부는 선택 가능하다.

[0083] 이하에서는 도 4b를 참조하여 상수도 관망을 해석하는 단계(420)를 보다 구체적으로 살펴보도록 한다. 도 4b는 본 발명의 일 실시예에 따른 상수도 관망을 해석하는 단계를 도시한 도면이다.

[0084] 도 4b를 참조하면, HOR 관계식(수학식 2)을 구성하는 관로별 유량(H)과 절점별 수량(H)에 임의의 관로별 유량(Q1)과 임의의 절점별 수두(H1)을 입력하고 이들을 기초로 GGA(global gradient algorithm) 행렬의 구성 요소를 정의(421, 422)한 뒤, 수학식 2의 우측항의 값($-A_0H_0$ 및 절점에서의 공급 가능 유량 q^*)을 구한다.

[0085] 이 후, 수학식 2의 좌측의 관로별 유량(H)과 절점별 수량(H)을 다시 변수로 두고, 수학식 2의 양변에 GGA 행렬의 역행렬을 곱하여 관로별 유량(H2)과 절점별 수두(H2)를 산정하여 수리해석을 수행(425)하며, 수행 결과 및 관련 메시지를 출력할 수 있다.

[0086] 여기서, GGA 행렬의 구성 요소 중 수학식 2의 A_{12} 와 A_{21} 은 절점과 파이프 등의 연결 관계에 의하여 정의(421)될 수 있으며, GGA 행렬의 나머지 구성요소인 수학식 2의 A_{11} 과 A_{22} 는 매개변수값을 기초로 정의(422)될 수 있다.

[0087] 이 때, 수리해석의 과정 (422, 423)은 수렴도 조건이 만족될 때까지 반복 수행(424)될 수 있다.

[0088] 여기서 수렴도 조건이란, 관로별 유량 Q1과 관로별 유량 Q2와의 차이값과 절점별 수두 H1과 절점별 수두 H2와의 차이값의 합인 오차값이, 기 설정된 '정확도'보다 작은 값이면 수렴도 조건을 만족시키는 것으로 정의된다.

[0089] 그러나, 오차값이 정확도보다 작지 않으면 오차값이 정확도보다 작은 값이 나올 때까지 수리해석을 반복 수행하되, 수리해석의 반복 횟수가 기 설정된 최대 반복수보다 커지면 더이상 반복 수행하지 않고 수렴도 조건이 만족된 것으로 정의되며, 다만 이 경우는 결과값이 일정 기준을 충족시키지 못한 채로 반복 횟수가 최대 반복수보다 커지게 되었다는 경고 메시지를 출력할 수 있다.

[0090] 여기서, 오차값이 정확도보다 작은 값이 나올 때까지 수리해석을 반복 수행하는 경우, 관로별 유량(Q)에는 관로별 유량 Q2를, 절점별 수압(H)에는 절점별 수압 H2를 입력으로 할당할 수 있으며, 이들 관로별 유량 Q2와 절점별 수압 H2를 기초로 GGA(global gradient algorithm) 행렬의 구성 요소를 재정의(421, 422)하고, 수학식 2의 우측항의 값($-A_0H_0$ 및 절점에서의 공급 가능 유량 q^*)을 다시 구한뒤, 이 후 수학식 2의 좌측의 관로별 유량(H)과 절점별 수량(H)을 다시 변수로 두고, 수학식 2의 양변에 재정의된 GGA 행렬의 역행렬을 곱하여 관로별 유량(H3)과 절점별 수두(H3)를 산정하여 수리해석을 재수행한다.

[0091] 한편, 전술한 오차값은 기 설정된 값이지만, 변경도 가능하다.

[0092] 다만, 수렴도 조건은 전술한 것과 다르게 정의되는 것을 배제하는 것은 아니다.

[0093] 마지막으로, 해석 결과를 출력하는 단계(430)에서는, 절점에 대한 수리 해석 및 수질 해석 결과를 출력할 수 있으며, 해석 결과를 저장할 수 있다. 특히, 본 발명의 실시예에 따른 상수도 관망 해석 방법(400)은 DDA 기법이 아닌 PDA 기법을 채용하고 있으므로, 해석 결과는 수압 의존적 공급 유량을 포함할 수 있다. PDA 기법은 공급 가능 유량이 수압에 따라 가변적이라고 전제하고 있기 때문에 이러한 결과를 출력할 수 있는 것이다.

[0094] 한편, DDA 기법을 채용하여 상수도 관망을 해석하는 EPANET 컴퓨터 프로그램이 존재한다는 점에서, 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 상수도 관망 해석 방법(400)을 채용하여 상수도 관망을 해석할 수 있는 컴퓨터 프로그램 및 이러한 컴퓨터 프로그램이 저장된 컴퓨터 판독가능한 기록 매체에 관하여 살펴보기로 한다.

[0095] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 상수도 관망 해석 장치의 구성을 도시한 도면이다.

[0096] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 상수도 관망 해석 장치(500)는, 상수도 관망 정보 획득부(510),

상수도 관망 해석부(520), 및 해석 결과 출력부(530)를 포함할 수 있으며, 다만 이러한 구성 이외에 다른 단계를 더 포함하는 것을 배제하는 것은 아니다.

- [0097] 여기서, 본 발명의 일 실시예에 따른 상수도 관망 해석 장치(500)는 서버(server), 개인용 컴퓨터 등 일 수 있다.
- [0098] 상수도 관망 정보 획득부(510)는 상수도 관망을 구성하기 위한 정보, 수리해석 및 수질해석 관련 정보를 포함할 수 있으며, 본 발명의 일 실시예에 따른 상수도 관망 해석 프로그램(500)은 HOR 관계식을 이용하므로, HOR 관계식과 관련된 정보 역시 포함할 수 있다.
- [0099] 상수도 관망 해석부(520)는 전술한 HOR 관계식을 적용한 PDA 기법으로 수리해석을 수행하고 또한 수질해석을 수행할 수 있다.
- [0100] 특히, 본 발명의 일 실시예에 따른 상수도 관망 해석 장치(500)는 상수도 관망 해석을 반복시키는 앙상블 기법을 적용할 수 있는 앙상블부(540)를 더 포함할 수 있다. 앙상블 기법은 전술하였으므로 자세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0101] 앙상블 기법을 위해서, 상수도 관망 정보 획득부(510)는 복수의 매개변수값을 발생시키기 위한 난수발생 확률분포형에 대한 정보, 몬테카를로 시뮬레이션 반복 수에 대한 정보를 포함할 수 있다.
- [0102] 다만, 상수도 관망 해석 장치(500)에서 앙상블부(540)의 실행 여부는 선택 가능하다.
- [0103] 다시 상수도 관망 해석부(520)를 보다 구체적으로 살펴보도록 한다. 상수도 관망 해석부(520)는 GGA(global gradient algorithm) 행렬의 구성 요소인 A_{12} 와 A_{21} 와 A_{11} 과 A_{22} 를 정의한 뒤 GGA 행렬을 포함하는 HOR 관계식을 기초로 수리해석을 수행하고, 수리해석 결과를 기초로 수질해석을 수행할 수 있다.
- [0104] 이 때, 상수도 관망 해석부(520)는, GGA 행렬의 A_{11} 과 A_{22} 를 정의하는 것과 GGA 행렬을 포함한 HOR 관계식을 기초로 수리해석하는 것을, 수리해석의 결과값이 수렴도 조건을 만족시킬 때까지 반복 수행할 수 있다.
- [0105] 수렴도 조건의 만족과 관련하여서는 전술하였으므로 자세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0106] 마지막으로, 해석 결과 출력부(530)는 절점에 대한 수리 해석 및 수질 해석 결과를 출력할 수 있으며, 해석 결과를 저장할 수 있다. 특히, 본 발명의 실시예에 따른 상수도 관망 해석 장치(500)는 DDA 기법이 아닌 PDA 기법을 채용하고 있으므로, 해석 결과는 수압 의존적 공급 유량을 포함할 수 있다. PDA 기법은 공급 가능 유량은 수압에 따라 가변적이라고 전제하고 있기 때문에 이러한 결과를 출력할 수 있는 것이다.
- [0107] 한편, 전술한 본 발명의 실시예는, 상수도 관망 해석 방법 및 장치를 실행하기 위한 컴퓨터 프로그램이 기록된 기록매체에 적용할 수 있다. 예를 들면, 이러한 프로그램을 기록한 CD-ROM 등의 컴퓨터 판독 가능한 기록매체, 또는 이러한 프로그램을 전송하는 전송 매체도 본 발명의 실시 형태로서 적용할 수 있다. 또한, 상기 프로그램을 기록한 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체 등의 프로그램 제품도 본 발명의 실시 형태로서 적용할 수 있다. 상기한 프로그램, 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체, 전송 매체 및 프로그램 제품은 본 발명의 범주에 포함된다.
- [0108] 이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따르면, 상수도의 절점에서의 공급 가능 유량을 수압에 따라 산정함으로써, 상수도 관망에 수리학적 상태 변화가 생겼을 때에도 신뢰도 있는 상수도 관망 해석 결과를 도출할 수 있다.
- [0109] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

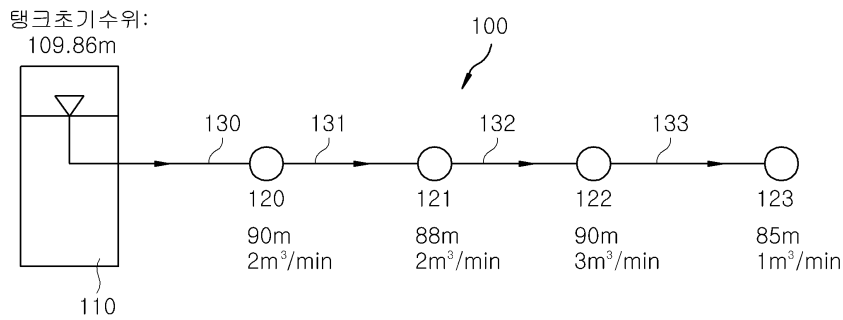
부호의 설명

- [0110] 100: 상수도 관망

- 500: 상수도 관망 해석 프로그램
- 510: 상수도 관망 정보 획득부
- 520: 상수도 관망 해석부
- 530: 해석 결과 출력부
- 540: 상상블부

도면

도면1



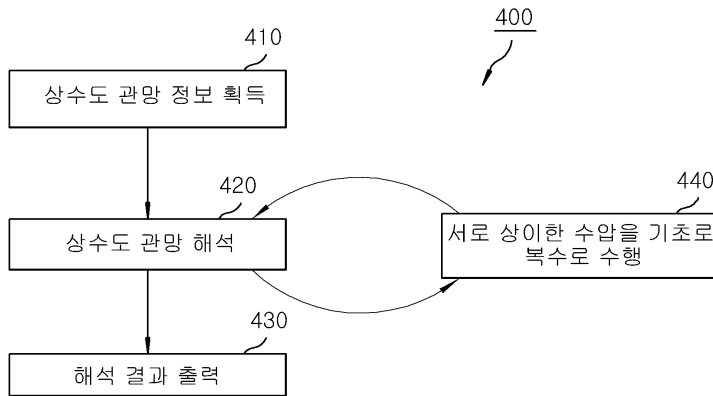
도면2

	제1 절점(120)		제2 절점(121)		제3 절점(122)		제4 절점(123)	
	Q (m³/min)	P (m)	Q (m³/min)	P (m)	Q (m³/min)	P (m)	Q (m³/min)	P (m)
정상	2	17.13	2	16.1	3	11.08	1	15.83
비정상	2	14.97	2	10.55	3	0.02	4	1.98

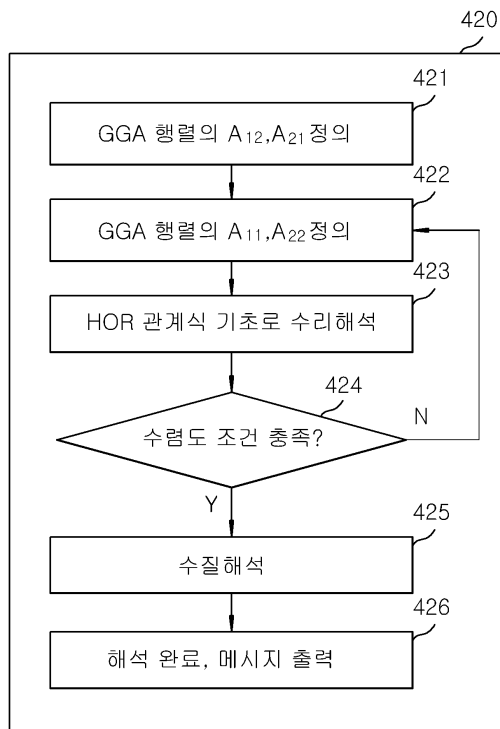
도면3

탱크 수위	제1 절점(120)		제2 절점(121)		제3 절점(122)		제4 절점(123)	
	Q (m³/min)	P (m)	Q (m³/min)	P (m)	Q (m³/min)	P (m)	Q (m³/min)	P (m)
109.86	1.95	16.29	1.86	13.93	2.32	6.57	3.13	9.64
98.78	1.28	7.01	1.30	6.80	1.31	2.11	2.44	5.89
91.97	0.58	1.42	0.81	2.66	0.00	0.00	2.01	3.97
89.08	0.00	0.00	0.36	0.51	0.00	0.00	1.57	2.43

도면4a



도면4b



도면5

