



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0085592
(43) 공개일자 2021년07월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 50/26 (2012.01) G06F 30/23 (2020.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 50/26 (2013.01)
G06F 30/23 (2020.01)
(21) 출원번호 10-2019-0178805
(22) 출원일자 2019년12월31일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
한국토코넷(주)
서울특별시 중구 동호로18길 9, 1층101호(신당동, 지산타운)
(72) 발명자
김형수
경기도 용인시 수지구 상현로 58, 255동 1801호
(상현동, 상현마을 금호베스트빌 2단지)
김덕환
경기도 김포시 고촌읍 수기로 67-53, 204동 1502호 (수기마을힐스테이트2단지)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인태백

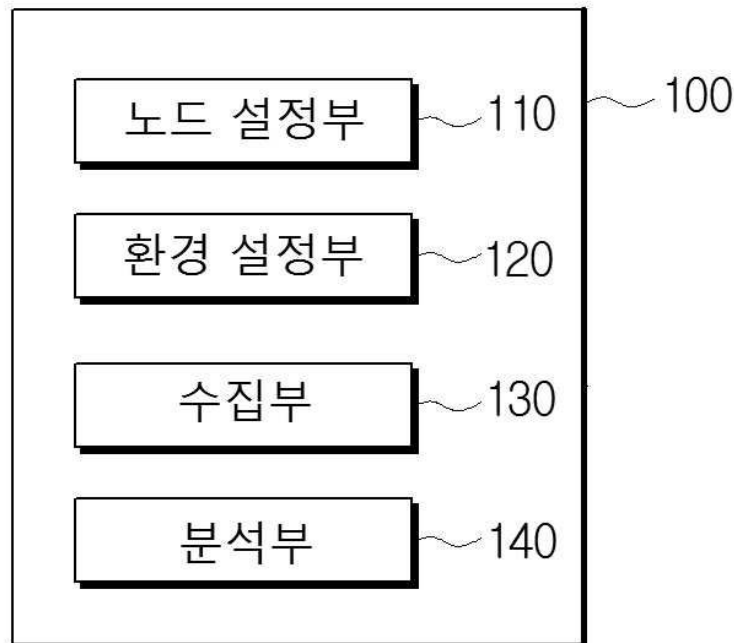
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 연속호우사상 기반의 거대홍수 및 댐붕괴 해석 시스템

(57) 요약

본 발명은 연속호우사상 기반의 거대홍수 및 댐붕괴 해석 시스템에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, DEM 지도 상에 복수의 기상관측소, 복수의 소유역, 소유역 간의 합류점, 유역의 유출구, 합류점 간 또는 합류점과 유출구 간을 잇는 하도에 각각 대응되는 복수의 기상 노드, 복수의 유역 노드, 복수의 정선 노드, 출구점, 복수의 채널을 (뒷면에 계속)

대표도 - 도1



각각 매핑하는 노드 설정부와, 상기 복수의 기상 노드에 공통 적용되는 관측 기간 및 주기를 설정하고, 각 유역 노드 및 각 채널에 대응하여 각 소유역 및 각 하도의 세부 정보를 설정받는 환경 설정부와, 각각의 기상 관측소에서 측정된 기상 자료를 상기 관측 기간 및 주기에 따라 수집하여 저장하는 수집부, 및 상기 시간별 수집되는 기상자료를 기반으로 유역 노드 별로 유출량을 계산하고 이를 해당 정선 노드로 전달하여 누적한 후 하도 추적을 통해 상기 채널을 따라 라우팅하여 최종적으로 상기 출구점의 총유출량을 산정하고 이를 기반으로 홍수위를 분석하는 분석부를 포함하는 연속호우사상 기반의 거대홍수 및 댐붕괴 해석 시스템을 제공한다.

본 발명에 따르면, 시간단위의 강우-유출 해석 모듈을 이용하여 연속적인 호우사상에 대한 정확한 강우-유출 해석을 수행할 수 있고 거대 홍수 및 범람에 효율적으로 대비할 수 있다.

(72) 발명자

한대건

강원도 속초시 온정로1길 11-8, 150동 1004호 (조양동, 대광로제비앙아파트)

차영룡

경기도 의정부시 호국로1269번길 19, 드림팰리스 8차 302호

김경훈

경기도 고양시 일산동구 강송로 195, 809동 603호 (마두동, 강촌마을8단지아파트)

임중훈

충청북도 청주시 서원구 현도면 시목외천로 247-8, 현도중기 옆 가정집

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1485016296
부처명	환경부
과제관리(전문)기관명	한국환경산업기술원
연구사업명	물관리연구(R&D)
연구과제명	거대홍수 대응을 위한 유역홍수저감시설 실행프레임워크 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	인하대학교 산학협력단
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

분석대상 유역을 대상으로 DEM 지도 상에 복수의 기상관측소, 복수의 소유역, 소유역 간의 합류점, 유역의 유출구, 합류점 간 또는 합류점과 유출구 간을 잇는 하도에 각각 대응되는 복수의 기상 노드, 복수의 유역 노드, 복수의 정선 노드, 출구점, 복수의 채널을 각각 매핑하는 노드 설정부;

상기 복수의 기상 노드에 공통 적용되는 관측 기간 및 주기를 설정하고, 각 유역 노드 및 각 채널에 대응하여 각 소유역 및 각 하도의 세부 정보를 설정받는 환경 설정부;

각각의 기상 관측소에서 측정된 기상 자료를 상기 관측 기간 및 주기에 따라 수집하는 수집부; 및

상기 시간별 수집되는 기상자료를 기반으로 유역 노드 별로 유출량을 계산하고 이를 해당 정선 노드로 전달하여 누적한 후 하도 추적을 통해 상기 채널을 따라 라우팅하여 최종적으로 상기 출구점의 총유출량을 산정하고 이를 기반으로 홍수위를 분석하는 분석부를 포함하는 연속호우사상 기반의 거대홍수 및 댐붕괴 해석 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 분석부는,

상기 기상 관측소로부터 획득한 기상자료 상의 연속된 강우 이벤트를 기 정의된 최소 무강우시간을 이용하여 복수의 독립된 호우 사상으로 분리하여, 각각의 독립 호우 사상 별로 유출량 분석을 수행하는 연속호우사상 기반의 거대홍수 및 댐붕괴 해석 시스템.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 분석부는,

유역 노드의 기상 조건에 따른 시간별 증발산량을 이용하여 토양수분량을 추정하고 시간별 토양수분량을 기초로 유역 노드의 세부 정보 중 하나인 CN(Curve number; 유출곡선지수) 값을 시간에 따라 변경 연산하여, 유역 노드의 유출량 산정에 반영하는 연속호우사상 기반의 거대홍수 및 댐붕괴 해석 시스템.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 분석부는,

상기 홍수위 분석 시에 하천 단면을 주변 지형까지 확장하여 확장된 단면을 기반으로 홍수위를 분석하고 침수지도를 작성하는 연속호우사상 기반의 거대홍수 및 댐붕괴 해석 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 연속호우사상 기반의 거대홍수 및 댐붕괴 해석 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 시간단위 강우 유출 해석 모듈을 이용하여 거대홍수량을 합리적으로 산정할 수 있는 연속호우사상 기반의 거대홍수 및 댐붕괴 해석 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전 세계적으로 기후변화에 따른 극한 사상의 발생 빈도가 증가하고 있으며, 과거 관측 자료에서는 볼 수 없었던 규모의 강우사상으로 인한 피해가 빈번하게 발생하고 있다. 또한, 단기간에 호우사상이 연속적으로 중첩되거나,

비교적 장기간의 지속시간을 갖는 거대 호우사상에 의해 발생하는 홍수 피해가 증가하고 있다.

- [0003] 2011년 미국에서는 4월과 5월에 걸쳐 한 달간의 긴 지속기간 동안 내린 폭우로 인하여 미시시피강에 홍수가 발생하여 약 20여명의 인명피해가 발생하고 16,000명 이상이 대피하는 등의 피해가 발생하였다. 또한, 2013년 중국에서는 태풍이 연속적으로 내습하여 약 500만 명의 이재민이 발생하였다. 국내에서도 2012년에 3개의 태풍('볼라벤', '텐빈', '산바')이 연이어 상륙하여 7명이 사망하였으며, 52만 가구에서 정전이 일어나는 피해가 발생하였다.
- [0004] 이처럼 호우사상이 연속적으로 발생하여 앞의 호우사상이 미친 영향이 끝나기도 전에 다른 호우사상이 겹쳐서 발생하는 호우사상으로 인해 설계기준을 초과하는 홍수량이 발생하여 막대한 피해가 발생하고 있다.
- [0005] 이와 같이 연속적인 호우가 발생하게 되면 토양속의 수분이 증발하거나, 중력에 의해 토양층 깊숙이 침투를 할 시간이 부족하게 된다. 따라서 토양이 수분을 포함한 상태에서 강우가 손실되는 양이 적어지게 된다. 즉 연속적인 호우는 적은 양으로도 직접유출량이 크게 증가하게 되는 것이다. 즉, 토양이 포화되어 강우가 땅으로 침투하는 양이 줄어들며, 지하수 수위 또한 높아져 빠른 시간에 하천 수위의 상승으로 홍수범람을 일으킨다.
- [0006] 거대홍수 대응체계를 구축하기 위해서는 정확한 강우 유출 해석이 먼저 선행되어야 한다. 앞서 설명한 바와 같이 거대강우 발생 시에 강우가 땅으로 침투하여 손실되는 양이 적어지면서 직접 유출량이 크게 증가하여 거대홍수를 유발하게 된다.
- [0007] 따라서, 홍수방어 대책을 마련하기 위해서는 거대홍수량을 합리적으로 산정할 수 있는 강우유출 해석 모듈이 요구되고 정확한 홍수량 산정이 우선시 되어야 한다. 하지만, 국내뿐만 아니라 국외에서도 연속적인 호우 발생 시 홍수량을 산정에 관한 연구는 미흡하며, 단일 호우 사상에 대한 홍수량의 정확도만 높이는 연구만 활발히 진행 중에 있다.
- [0008] 현재 개발된 강우-유출 모형은 연속홍수를 모의할 수 없으며, 연속호우사상을 모의할 수 있는 강우-유출 모형은 장기유출 모형에서만 적용되고 있다. 또한, 연속적으로 강우가 발생하였을 때 약화된 지반으로 인해 설계홍수량보다 적은양의 비가 내리더라도 더 큰 홍수가 발생할 수 있는 가능성이 있기에, 이를 대비하기 위한 연구가 시급한 상황이다.
- [0009] 하지만, 기존의 강우-유출 모델들의 경우 연속적인 호우에 대한 정확한 홍수량모의가 불가능하다. 이는 실시간 기상 조건에 따른 토양상태를 반영하지 못하며, 연속된 강우 사상에 대해서 CN(Curve number; 유출곡선지수) 값 산정이 불가능하기 때문이다. 이로 인해 초기에 입력되는 CN값이 변경되지 않아 초기손실량을 산정할 수 없으며, 연속적인 강우 사상에 대한 정확한 유출해석 수행하는데 한계점이 있다. 또한 CN값은 고정된 값이 아님에도 불구하고 현재 실무에서는 고정된 하나의 값으로 받아들여 홍수량을 산정하고 있다. 홍수량 산정 모형의 경우 입력된 연속강우 전체기간을 하나의 강우 사상으로 인식하기 때문에, CN 값이 변화되지 않으며, 초기손실우량 및 토양수분량 변화 곡선이 한 개의 식으로 표현된다.
- [0010] 기존 모형에서는 연속되는 강우에 따른 CN값을 변경할 때, 선행토양함수조건(AMC; Antecedent Moisture Condition) 개념을 적용하여 유역에 내린 5일 선행강수량의 양에 따라 유효우량을 산정한다. 하지만 선행토양함수조건인 경우 5일 간의 강우량에 따라 CN값이 3가지로만 표현되기 때문에 최대 잠재보유수량(S)값이 3가지로 한정적이며, 분석 시점 기준으로 발생한 선행 1일 강우량과, 선행 3일, 선행 5일 강우량이 같으면 증발산량을 고려할 수가 없어 같은 CN값을 적용하게 된다. 따라서 이러한 문제점을 보완하여 연속적인 호우사상에 대한 정확한 강우-유출 해석을 수행할 수 있는 모형 개발의 필요성이 증대되고 있다.
- [0011] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국공개특허 제2009-0016866호(2009.02.18 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명은, 시간단위의 강우-유출 해석 모듈을 이용하여 연속적인 호우사상에 대한 정확한 강우-유출 해석을 수행함으로써 거대 홍수 및 범람에 보다 효율적으로 대비할 수 있는 연속호우사상 기반의 거대홍수 및 댐붕괴 해석 시스템을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0013] 본 발명은, 분석대상 유역을 대상으로 DEM 지도 상에 복수의 기상관측소, 복수의 소유역, 소유역 간의 합류점,

유역의 유출구, 합류점 간 또는 합류점과 유출구 간을 잇는 하도에 각각 대응되는 복수의 기상 노드, 복수의 유역 노드, 복수의 정선 노드, 출구점, 복수의 채널을 각각 매핑하는 노드 설정부와, 상기 복수의 기상 노드에 공통 적용되는 관측 기간 및 주기를 설정하고, 각 유역 노드 및 각 채널에 대응하여 각 소유역 및 각 하도의 세부 정보를 설정받는 환경 설정부와, 각각의 기상 관측소에서 측정된 기상 자료를 상기 관측 기간 및 주기에 따라 수집하여 저장하는 수집부, 및 상기 시간별 수집되는 기상자료를 기반으로 유역 노드 별로 유출량을 계산하고 이를 해당 정선 노드로 전달하여 누적한 후 하도 추적을 통해 상기 채널을 따라 라우팅하여 최종적으로 상기 출구점의 총유출량을 산정하고 이를 기반으로 홍수위를 분석하는 분석부를 포함하는 연속호우사상 기반의 거대홍수 및 댐붕괴 해석 시스템을 제공한다.

[0014] 또한, 상기 분석부는, 상기 기상 관측소로부터 획득한 기상자료 상의 연속된 강우 이벤트를 기 정의된 최소 무강우시간을 이용하여 복수의 독립된 호우 사상으로 분리하여, 각각의 독립 호우 사상 별로 유출량 분석을 수행할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 분석부는, 유역 노드의 기상 조건에 따른 시간별 증발산량을 이용하여 토양수분량을 추정하고 시간별 토양수분량을 기초로 유역 노드의 세부 정보 중 하나인 CN(Curve number; 유출곡선지수) 값을 시간에 따라 변경 연산하여, 유역 노드의 유출량 산정에 반영할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 분석부는, 상기 홍수위 분석 시에 하천 단면을 주변 지형까지 확장하여 확장된 단면을 기반으로 홍수위를 분석하고 침수지도를 작성하는 연속호우사상 기반의 거대홍수 및 댐붕괴 해석 시스템.

발명의 효과

[0017] 본 발명에 따르면, 시간단위의 강우-유출 해석 모듈을 이용하여 연속적인 호우사상에 대한 정확한 강우-유출 해석을 수행할 수 있고 거대 홍수 및 범람에 효율적으로 대비할 수 있다.

[0018] 이러한 본 발명에 의하면 각 기상관측소 별 기상자료를 수집하여 기상 조건에 따른 시간단위 증발산량을 산정하여 토양수분량 추정하고 유효우량 산정 시에 토양수분량 추정값을 이용하여 시간에 따라 변경하는 CN 값을 계산함으로써 기존의 NRCS-CN 유효우량 산정 방법의 문제점을 개선할 수 있다.

[0019] 또한, 연속 강우 전체기간을 하나의 강우사상으로 인식하지 않고 무강우 기간을 고려하여 독립 호우사상으로 분리하여 모형에 적용함으로써 연속 호우가 발생하더라도 각각의 독립 호우 사상 별로 손실량, 침투량 및 유효우량을 산정하여 제공할 수 있다.

[0020] 또한 홍수위 분석 시에 하천 단면을 확장하여 주변 지형까지 고려함에 따라 제내지 부분의 범람 해석이 가능하게 하고 침수 면적과 침수심에 대한 불확실성을 해소할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 연속호우사상 기반의 거대홍수 및 댐붕괴 해석 시스템의 구성을 나타낸 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에서 DEM 지도를 로딩 후 Hillshade를 추가한 모습을 나타낸 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에서 DEM 지도 상에 노드 설정이 완료된 모습을 나타낸 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에서 기상 노드의 환경 설정을 예시한 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예에서 소유역 정보 및 채널 정보의 설정 화면을 예시한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예에서 유역 노드의 유출량 계산 결과를 나타낸 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 실시예에서 채널 노드의 계산 결과를 나타낸 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 실시예에서 출구점의 총 유출량 계산 결과를 나타낸 도면이다.
- 도 9는 본 발명의 실시예에서 거대홍수를 계산하기 위한 소프트웨어 모형의 클래스 구조를 나타낸다.
- 도 10은 기존의 홍수위 분석 방법의 문제점을 설명한 도면이다.
- 도 11은 본 발명의 실시예에서 단면 확장 모듈의 기능을 설명한 도면이다.
- 도 12는 본 발명의 실시예에서 하천을 따라 중심선을 그린 후 단면 방향으로 새로운 중심선을 설정한 모습을 나타낸 도면이다.

도 13은 본 발명의 실시예에서 단면 확장 설정을 위한 대화 상자를 통하여 단면을 확장한 모습을 나타낸 도면이다.

도 14는 본 발명의 실시예에 따라 생성된 침수 지도를 설명하는 도면이다.

도 15는 본 발명의 실시예에 따른 유효우량 산정 방법을 기존과 비교한 도면이다.

도 16은 본 발명의 실시예에서 유효우량 산정 방법의 개선점을 나타낸 도면이다.

도 17은 본 발명의 실시예에 따른 거대홍수 해석 방법을 설명한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.
- [0023] 본 발명은 연속호우사상 기반의 거대홍수 및 댐붕괴 해석 시스템에 관한 것으로, 연속적으로 강우가 발생할 때 홍수량을 산정하기 위해 시간에 따라 변경되는 유출곡선지수를 연산하고 이를 고려한 시간단위의 강우-유출 모형을 이용하여 연속호우사상에 대한 정확한 강우-유출 해석을 수행할 수 있다.
- [0024] 도 1은 연속호우사상 기반의 거대홍수 및 댐붕괴 해석 시스템의 구성을 나타낸 도면이다. 도 1에 나타낸 것과 같이, 연속호우사상 기반의 거대홍수 및 댐붕괴 해석 시스템(100)은 노드 설정부(110), 환경 설정부(120), 수집부(130) 및 분석부(140)를 포함한다.
- [0025] 노드 설정부(110)는 분석대상 유역을 대상으로 DEM(Digital Elevation Models) 지도를 로딩하고 DEM 지도 상에 유역을 관할하는 복수의 기상관측소, 유역 내 존재한 복수의 소유역, 소유역 간의 합류점, 유역의 유출구, 합류점 간 또는 합류점과 유출구 간을 잇는 하도에 각각 대응되는 복수의 기상 노드, 복수의 유역 노드, 복수의 정선 노드, 출구점, 복수의 채널을 각각 매핑하고 설정한다.
- [0026] 본 발명은 홍수해석 시에 GIS 좌표를 매칭하기 위해서 소프트웨어에서 해당 지역의 DEM을 로딩한 후 작업한다. 이때, 단면-DEM 메뉴를 통해 DEM 메뉴를 올리는 작업을 수행하며, DEM은 ASCII, Geo Tiff, ArcGIS Grid 등 여러 형태의 DEM을 지원한다. 본 발명의 실시예의 경우 ASCII DEM을 사용하였다.
- [0027] 도 2는 본 발명의 실시예에서 DEM 지도를 로딩 후 Hillshade를 추가한 모습을 나타낸 도면이다. 도 2의 좌측은 Hillshade 적용 전이고 우측은 적용 후를 나타낸다. 일반적으로 고도로만 화면을 표출하는 것보다는 Hill Shade를 추가하면 채도는 다소 떨어지지만 실제 지형의 모습을 좀더 직관적으로 표현할 수 있다.
- [0028] 노드 설정부(110)는 홍수량산정 메뉴의 기상 노드(기상관측소) 추가, 유역 노드(소유역) 추가, 정선노드(합류점) 추가, 출구점(유출구) 추가, 채널(하도) 추가 기능을 이용하여 필요한 노드를 구성한다.
- [0029] 기본적으로 해당 메뉴를 선택하고 추가하고자 하는 위치를 클릭하면 노드가 추가되며 화면에 나타난다. 참고로 기상, 유역, 정선, 출구점, 채널 순서로 작업하는 것이 효율적이다. 채널의 경우 채널의 시작 노드를 선택한 후 종료 노드를 선택하면 선으로 연결되면서 채널 노드가 추가된다. 예를 들어, 정선 노드1과 정선 노드2를 선택하면 이들 간을 연결하는 채널이 추가된다.
- [0030] 도 3은 본 발명의 실시예에서 DEM 지도 상에 노드 설정이 완료된 모습을 나타낸 도면이다. 도 3에서 그림 하단이 상류이고 상단이 하류에 해당한다. 지도 상에 4개의 기상 노드(Climate 1~4), 15개의 유역 노드(1040[1], 1080[2], ... , 950[15]), 9개의 정선 노드(Junc 1~9), 출구점(out), 그리고 채널(정선 노드 간의 연결선, 정선 노드와 출구점 간 연결선)이 각각 설정된 모습을 확인할 수 있다.
- [0031] 도 3과 같은 모식도가 완성된 이후, 환경 설정부(120)는 각 노드의 입력값을 설정한다. 환경 설정부(120)는 복수의 기상 노드에 공통 적용되는 관측 기간 및 주기를 설정하고, 각 유역 노드 및 각 채널에 대응하여 각 소유역 및 각 하도의 세부 정보를 설정받는다.
- [0032] 그리고, 수집부(130)는 각각의 기상 관측소에서 측정된 기상 자료를 관측 기간 및 주기에 따라 수집하여 각 기상 노드에 대응하여 저장한다.
- [0033] 도 4는 본 발명의 실시예에서 기상 노드의 환경 설정을 예시한 도면이다.
- [0034] 도 4의 (a)는 모형을 실행하기 위한 관측 기간과 주기를 설정하는 모습으로, 환경 설정부(120)는 관측 기간 및 관측 주기가 설정되면 자동으로 총 자료의 수를 계산할 수 있다. 관측 주기를 60분으로 설정한 결과 해당 관측

기간 내에서 총 144개의 자료 수가 도출되었다. 이렇게 하는 이유는 모든 기상 노드의 자료수를 자동으로 맞추기 위해서 이다. 환경 설정이 끝나면 기상 노드에 자료를 로딩하고 추가해 주어야 한다.

- [0035] 도 4의 (b)는 도 3에서 기상노드4(Climat 4)를 클릭했을 때 나타나는 화면이다. 사용자가 해당 노드 클릭시 수집부(130)는 4번째 기상관측소로부터 강우량(rainfall)과 증발산량(evaporation)을 포함한 기상자료를 가져와 해당 기상 노드에 자동으로 추가할 수 있다. 관측 주기가 60분이므로 1시간 단위로 자료가 추가되며 자료 넘버는 1번부터 18번까지만 도시되어 있지만 스크롤을 내리면 144번까지 확인가능하다. 여기서 수집부(130)는 각 기상 노드의 클릭 시에 해당 기능을 수행하는 것 이외에도 도 4 (a)와 같이 관측 조건의 설정이 완료되는 대로 해당 기능을 자동으로 수행할 수도 있다.
- [0036] 이처럼, 환경 설정 이후에 기상 노드를 클릭하면, 환경 설정에서 계산된 자료 수만큼 리스트 창이 설정되어 나타난다. 물론, 이 값은 정보 로딩을 통해 자동 입력될 수도 있지만 사용자에게 의해 직접 입력되거나 엑셀 등의 자료로부터 복사, 붙여넣기를 통해 이루어질 수도 있다.
- [0037] 기상 노드의 설정이 끝나면 환경 설정부(120)는 각 유역 노드 및 각 채널에 대응하여, 각 소유역의 세부 정보와 각 하도의 세부 정보를 설정받는다.
- [0038] 도 5는 본 발명의 실시예에서 소유역 정보 및 채널 정보의 설정 화면을 예시한 도면이다. 도 5의 (a)를 참조하면, 소유역의 세부 정보는 이름, 길이, 경사, CN, 면적, 기상(티센계수)를 포함할 수 있다. 여기서 CN은 기존과 같이 고정된 값이 아닌, 기상 조건을 고려하여 시간 별 변경하여 계산된 값에 해당할 수 있다. 일반적으로 CN이 커지면 유출량도 증가한다.
- [0039] 소유역1과 연관된 기상관측소는 기상노드2,3이고 이들의 티센계수의 합은 100%가 되어야 한다. 정보 입력 이후에 확인을 누르면, 프로그램에서 티센계수의 합이 100%인지 확인하고 맞지 않으면 경고를 표시할 수 있다.
- [0040] 티센계수는 기 공지된 것으로 이를 간단히 설명하면, 관측소 간 연결 직선의 수직이등분선을 연결하면 티센다각형이 생성되고, 유역 내 티센다각형별 면적비를 산정하면 티센계수가 얻어진다. 이러한 티센계수를 관측소별 강우량에 곱하여 합산하는 방식으로 해당 유역의 강우량을 연산할 수 있다.
- [0041] 그리고, 각 채널에 대한 세부 정보 설정을 위해, 도 5의 (b)와 같이 라우팅을 계산하기 위한 변수를 입력하게 된다. 이때 Coeff는 조도 계수이며 하천의 매끄러운 정도를 나타낸다. 또한 채널 연결을 확인하고 프로그램에서 자동으로 값을 모아줌으로써 정선 노드의 경우 특별한 입력 항목은 없다. 즉, 모식도 작성 단계에서 각 유역이 어느 정선으로 연결하는지가 중요하다.
- [0042] 환경 설정부(120)는 사용자로부터 입력된 정보를 바탕으로 각 노드, 채널 등에 관한 정보를 설정할 수도 있고, 일부 요소의 경우 이전에 저장 또는 연산되어 DB에 기록된 값 중에서 해당 노드나 해당 채널에 대응하는 값을 자동으로 가져올 수도 있다.
- [0043] 이렇게 모든 노드의 설정이 완료되면 분석부(140)는 모형을 실행시켜 홍수량을 산출한다. 모형의 실행은 홍수량 산정 메뉴 - 모형 실행 메뉴를 통해 이루어진다. 현재 설정된 모형은 15개의 유역, 9개의 라우팅 채널을 가지며, 모형 실행 시간은 1초 이내로 신속히 이루어진다. 모형 실행 후 홍수량 산정 메뉴 - 결과 보기 메뉴를 통하여 계산 결과를 확인할 수 있다.
- [0044] 석부(140)는 시간별 수집되는 기상자료를 기반으로 유역 노드 별로 유출량을 계산하고 이를 해당 정선 노드로 전달하여 누적한 후 하도 추적을 통해 채널을 따라 라우팅함으로써, 최종적으로 출구점(out)의 총유출량을 산정할 수 있고, 산출된 값을 기반으로 홍수위를 분석할 수 있다.
- [0045] 도 6 내지 도 8은 본 발명의 실시예에서 유역 노드의 유출량 계산 결과, 채널 노드의 계산 결과, 출구점의 총 유출량 계산 결과를 각각 나타낸 도면이다.
- [0046] 먼저 도 6의 결과보기 창에서 상단에서 유역 노드를 하나 선택하면, 해당 유역 노드(소유역)의 계산 결과를 시간에 따라 표출해주며, 각 노드의 피크값을 나타낸 준다. 유역 노드와 정선 노드는 도 6과 같은 방식으로 단일 항목으로 유출량만이 표출되고, 채널의 경우는 도 7과 같이 채널 입구로의 유입량(in flow)과 채널 출구로 라우팅되어 나가는 유출량(out flow)을 함께 표출해 준다.
- [0047] 최종적으로 출구점에서는 도 8과 같이 총 유출량(flow), 기저 유출량(base), 직접유출량(direct)을 표출해주며, 여기서 나오는 피크값이 홍수위 산정시 사용되게 된다.
- [0048] 위의 단계를 통해 어떤 유역이든지 사용자가 직접 모형을 구축하고 실행 할 수 있게 된다. 구축된 자료를 홍수

량 산정 - 저장 메뉴를 통해 저장하고, 추후에 열기를 통해서 다시 불러 들일 수 있다. 저장된 모형은 텍스트 파일로 저장되며 메모장 같은 편집기로 직접 내용을 확인 할 수 있다.

[0049] 다음은 본 발명에서 사용된 거대홍수 계산 소프트웨어의 구조를 설명한다.

[0050] 도 9는 본 발명의 실시예에서 거대홍수를 계산하기 위한 소프트웨어 모형의 클래스 구조를 나타낸다.

[0051] 거대홍수 계산 소프트웨어는 객체지향의 개념을 도입하여 각 클래스(TSubBasin, TJunc, TChannel, Climate) 별로 계산을 담당한다. 상술한 모형은 각 소유역에서 유효우량을 산출하여 이를 정선에 보내고 정선에서는 하도를 따라 라우팅을 하여 최종적으로 출구점에서 유출량을 계산하게 된다. 이를 위해서 소프트웨어 모형은 도 9와 같은 구조로 설계되었다.

[0052] 도 9에서 TSubBasin 클래스는 유역의 유효우량을 계산한다. 계산된 유효우량은 채널을 통해 TJunc 클래스로 보내진다. TJunc 클래스는 연결된 유역의 유량을 받아서 합해줌과 특별한 계산을 수행하지 않으나, 정선이 출구점 일 경우 기저유출과 직접유출을 이용하여 전체유출을 계산한다.

[0053] TChannel 클래스는 정선과 정선이 연결된 경우 Muskingum 방법을 이용하여 하도 라우팅을 계산한다. Muskingum 방법은 공지된 하도추적 방법에 해당하므로 상세한 설명은 생략한다. TClimate 클래스는 강우와 증발산을 관측하는 기상 관측소의 기상자료를 저장한다.

[0054] 한편, 분석부(140)는 기상 관측소로부터 획득한 기상자료 상의 연속된 강우 이벤트를 기 정의된 최소 무강우시간을 이용하여 복수의 독립된 호우 사상으로 분리하여, 분리한 각각의 독립 호우 사상 별로 분석을 진행할 수 있다.

[0055] 이처럼 본 발명은 연속 강우 전체기간을 하나의 강우사상으로 인식하지 않으며, 무강우 기간을 고려하여 독립 호우사상으로 각각 분리시켜 모형의 입력자료로 사용한다. 이에 따라 연속 호우가 발생하더라도 분리된 각각의 독립 호우사상 별로 손실량, 침투량 및 유효우량을 산정하고 이를 통해 각 소유역의 유출량을 계산할 수 있다.

[0056] 또한, 분석부(140)는 유역 노드의 기상 조건에 따른 시간별 증발산량을 이용하여 토양수분량을 추정하고 시간별 토양수분량을 기초로 유역 노드의 CN 값을 시간에 따라 변경하는 값으로 산출하여 유역 노드의 유출량 산정 시에 반영할 수 있다. 여기서 CN 값이 높아지면 유출량도 증가한다.

[0057] 이처럼 본 발명은 유효우량을 산정할 때 토양수분함량을 계산하여 이를 기반으로 시간에 따라 변경하는 CN 값을 적용함으로써 고정된 CN 값을 사용하는 NRCS-CN 유효우량 산정 방법의 문제점을 개선할 수 있다.

[0058] 그 밖에도, 분석부(140)는 홍수위 분석 시에 하천 단면을 주변 지형까지 확장하여 확장된 단면을 기반으로 홍수위를 분석하고 침수지도를 작성할 수 있다. 분석부(140)는 하천 단면을 확장하고 주변 지형까지 고려함으로써 홍수위 분석 시에 제내지 부분의 범람 해석이 가능하게 하고 침수 면적과 침수심에 대한 불확실성을 해소할 수 있다.

[0059] 침수구역도 작성을 위해 가장 중요한 부분을 차지하고 있는 홍수위 분석의 경우 대부분 HEC-RAS를 사용하여 분석을 수행하고 있지만, HEC-RAS 입력자료인 하천단면 구축 여부에 따라 결과가 상이하게 도출된다.

[0060] 도 10은 기존의 홍수위 분석 방법의 문제점을 설명한 도면이고, 도 11은 본 발명의 실시예에서 단면 확장 모듈의 기능을 설명한 도면이다.

[0061] 먼저, 도 10과 같이 HEC-RAS를 이용하여 홍수위를 분석할 경우 하천단면 자료가 구축되어 있는 곳 까지만 홍수위 분석이 가능기 때문에 제내지 부분의 범람해석을 수행할 수 없다. 또한, 거대홍수와 같이 많은 양의 홍수량이 발생하였을 경우 침수면적 및 침수심이 과대산정되는 문제가 발생한다.

[0062] 이러한 문제점을 해결하기 위해서 GIS 모듈의 HEC-GeoRAS를 이용하여 지형자료로부터 지형자료의 위치정보를 입력한 뒤 단면확장을 수행하면, 제내지까지의 하천단면 확장을 통해 제내지로 유입되는 양을 추정하여 침수면적과 침수심에 대한 불확실성을 최소화할 수 있다. 그런데 HEC-GeoRAS를 이용하여 하천단면 확장을 수행하기 위해서는 수작업으로 하천의 중심선과 단면확장을 수행해야하기 때문에 시간이 오래 걸리는 단점이 있다.

[0063] 상술한 단점을 보완하기 위해 본 발명은 도 11과 같이 단면 확장 모듈을 사용하여 지형자료만 있으면 자동으로 하천의 중심선을 잡아주고, 단면 확장시 지형정보가 입력될 수 있도록 한다. 이 모듈은 손쉽게 단면의 위치를 변경할 수 있는 기능뿐만 아니라 단면확장, 단면추가, 단면추출 등의 다양한 기능을 포함한다.

[0064] 도 12는 본 발명의 실시예에서 하천을 따라 중심선을 그린 후 단면 방향으로 새로운 중심선을 설정한 모습이고,

도 13은 본 발명의 실시예에서 단면 확장 설정을 위한 대화 상자를 통하여 단면을 확장한 모습을 나타낸 도면이다.

- [0065] 도 12의 (a)는 사용자가 직접 하천을 따라 중심선을 그은 후 단면 방향으로 새로운 중심선을 설정해준 것이며, (b)는 기 구축된 하천 중심선 shape 파일을 이용하여 중심선을 자동 적용한 것이다. 사용자가 직접 중심선을 그리다 보면 정확한 중심선 잡기가 힘든 경우가 많으므로, 다른 방법으로는 단면 - 하천 중심선 - Shape 메뉴를 통해 이미 획득한 중심선 파일을 선택하여 하천 중심선을 빠르고 쉽게 설정할 수도 있다. 어떤 방법이든 하천 중심선을 지정해주면 단면자료의 GIS 좌표 맵핑이 완료된다.
- [0066] 그리고 단면을 확장하기 위해, 단면 - 단면확장(거리) 메뉴를 클릭하여 도 13의 (a)와 같이 확장할 거리를 지정하는 대화상자를 연다. 입력값은 각 단면의 좌우측 끝단을 입력한 거리만큼 늘리겠다는 의미이다. 여기서는 좌우측으로 300m를 늘리게 된다. 도 13의 (b)와 같이 늘어난 단면은 붉은색으로 표현된다. 물론 각 끝단에서 마우스를 클릭-드래그하여 원하는 만큼 단면을 확장할 수도 있다. 각 끝단에 마우스가 위치하면 마우스 포인터가 십자형태의 아이콘으로 변경된다.
- [0067] 범람 해석 모듈은 다음과 같다. 본 발명의 실시예는 Level-pool 방법 기반의 범람해석 모듈을 사용한다. Level-pool 방법은 홍수위를 이용하여 월류 및 붕괴 유량의 체적을 산정하여 침수범위를 산정하는 방법이다.
- [0068] Level-pool 방법 기반의 범람해석 모듈은 대상유역의 지형고도자료를 바탕으로 임의의 범람 수위에 각각 대응하는 전체 대상유역의 범람체적을 산정할 수 있다. Level-pool 방법은 먼저 대상유역의 수치고도모델(DEM)을 생성하고, 입력자료로 수치고도모델(grid) 자료와 앞서 단면확장 모듈을 통해 구축한 제내지까지 연장된 단면 자료, 그리고 HEC-RAS 기반의 홍수위 산정모듈을 통해 산정한 홍수위가 입력자료로 필요하다.
- [0069] 도 14는 본 발명의 실시예에 따라 생성한 침수 지도를 설명하는 도면이다. 입력자료 구축이 완료되면 홍수위 GRID 생성을 통해 최종적으로 범람해석이 완료되고 범람 지도가 생성된다. 즉, Level-pool 방법 기반의 범람해석 모듈을 이용하여 월류 및 붕괴 유량의 체적을 산정하여 침수 범위를 산정하여 시각적으로 제공할 수 있다.
- [0070] 물론 본 발명은 연속적인 호우사상으로 인한 홍수범람해석을 수행하기 위하여 하천단면 확장 모듈을 사용하고 이에 기반한 범람도를 바탕으로 AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법을 통해 최적 대피소를 선정하여 제공할 수도 있다.
- [0071] 한편, 앞서 상술한 바와 같이, 본 발명은 연속 강우 전체기간을 하나의 강우사상으로 인식하지 않고 무강우 기간을 고려하여 독립 호우사상으로 각각 분리시켜 모형의 입력자료로 사용한다.
- [0072] 도 15는 본 발명의 실시예에 따른 유효우량 산정 방법을 기존과 비교한 도면이다. 도 15의 (a)와 같이 기존의 경우 전체 강우기간을 하나의 강우 사상으로 인식하게 되므로, 초기 손실량 초기 손실량 I_0 를 한번만 산정하게 되며, 침투량 F_a 를 전체 기간에 대해서 산정하게 되면, 유효우량 P_e 는 시간이 지남에 따라 무조건 커지게 되어 있다.
- [0073] 이러한 시스템의 문제점은 연속호우가 발생했을 때 무강우기간이 어떻게 발생을 하더라도 유출곡선지수의 변동성을 고려할 수가 없게 된다. 즉, 하나의 CN 값으로 고정되어 토양수분의 변화를 실시간 반영하는 것이 불가능해진다.
- [0074] 이러한 방법을 NRCS-CN(Natural Resources Conservation Service Curve Number)의 유효우량 산정방법을 적용하여 개선을 하더라도 다른 문제점이 생기게 된다. 첫번째는 토양이 가질 수 있는 CN은 1 ~ 100 사이의 값을 가지지만, 선행강수량을 선행토양함수조건(AMC)를 기반으로 산정하더라도 CN값은 AMC-I, AMC-II, AMC-III에 따라 3가지 형태의 값으로만 나타난다. 두 번째는 두 개의 연속호우사상이 각각 1일, 3일, 5일의 지체시간을 가진 것을 가정하고, 선행강우의 총 강수량은 80mm로 성수기 조건으로 가정하더라도 5일 이내에 발생하였기 때문에 두 번째 연속호우 사상이 발생할 때 AMC-III조건으로 CN-III의 값을 가지게 된다. 즉, 무강우 기간 동안의 기상조건을 반영할 수가 없으며 이러한 이유로 연속호우를 모의가 불가능해진다.
- [0075] 하지만 본 발명의 실시예는 도 15의 (b)와 같이 연속된 강우 이벤트를 복수의 독립된 호우 사상으로 분리를 시켜, 분리된 독립 호우 사상을 모형에 입력 자료로 사용함으로써, 각 독립 호우 별로 초기 손실량(I_0), 침투량(F_a), 유효우량(P_e)을 산정할 수 있게 된다.
- [0076] 연속된 호우를 독립 호우 사상으로 분리시키기 위하여, 최소무강우기간(Inter Event Time Definition, IETD)을 각 기상관측소 별로 정의하여, 연속된 호우 사상을 독립된 호우 사상으로 분리할 수 있다. 예를 들어 두 개의

강우 이벤트 사이의 기간이 최소무강우기간보다 짧다면 연속적인 하나의 강우 사상으로 분류할 수 있으며, 반대로 강우 사상 사이의 기간이 최소무강우기간보다 길다면 두 강우 사상은 독립된 강우사상으로 구분할 수 있다.

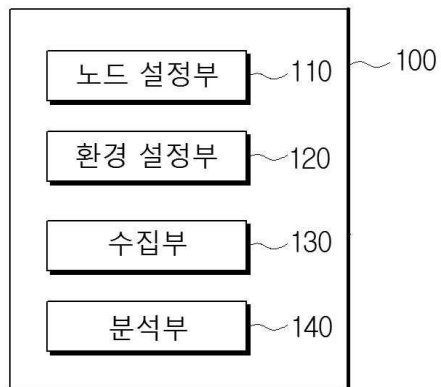
- [0077] 도 16은 본 발명의 실시예에서 유효우량 산정 방법의 개선점을 나타낸 도면이다. 가로축은 토양수분량 S이고 세로축은 CN 값으로 0~100 사이 값을 가진다. S는 유역의 최대잠재보유수량으로 시간별 증발산량을 고려하여 추정될 수 있다.
- [0078] 앞서 설명한 바와 같이 기존의 강우 해석 방법은 연속된 강우 이벤트를 단일의 강우 사상으로 인식하며 전체 강우 이벤트에 대해 고정된 CN 값을 사용하였다. 이를 개선한 기존의 NRCS-CN 방법에서는 AMC 조건에 따라서 3가지의 CN값 만이 산정 가능하였다.
- [0079] 하지만 본 발명의 경우 연속호우가 발생하였을 때 서로 다른 도달시간이 발생하더라도 기상조건에 따라 시간단위의 증발산량을 산정해 줌으로써 토양수분량을 추정할 수 있다. 토양수분량 추정값을 바탕으로 현재의 CN을 재산정함으로써 단 3가지의 CN이 아닌 도 16에 나타낸 것처럼 화살표 범위 내의 영역형의 CN값을 시간에 따라 가지게 된다.
- [0080] 따라서, 본 발명은 유효우량 산정 시에 무강우 기간의 기상 조건을 고려하여 시간별 CN 값을 적용하여 소유역별로 유출량을 계산 후 하도 추적을 수행하여 직접 유출량을 산출함으로써 CN의 변동성을 고려한 신뢰성있는 강우-유출 해석 결과를 제공할 수 있다.
- [0081] 본 발명은 증발산에 따른 토양수분량의 변화를 산정하여 연속적으로 강우가 발생하였을 때 유출량 산정이 가능하도록 Matlab 프로그램 기반의 연속호우사상 기반의 시간단위 강우-유출 모형(Consecutive Storm Event Based model, ConSEB)을 개발하였다. 홍수량 산정 절차는 도 17과 같다.
- [0082] 도 17은 본 발명의 실시예에 따른 거대홍수 해석 방법을 설명한 도면이다.
- [0083] 첫 번째로 분석하고자 하는 대상유역을 선정하고, 연속적인 강우를 독립사상으로 구분하기 위하여 최소무강우기간(IETD)을 각 기상관측소 별로 정의하여 연속된 호우 사상을 독립적인 호우사상으로 분리하였다.
- [0084] 다음으로 각 기상관측소 별로 기상자료를 수집하여 Penman-Monteith 방법을 통해 유역별로 시간단위 증발산량을 산정하였다. 연속적으로 호우가 발생하게 되면, 토양수분함유량이 달라진다. 토양내의 수분함유량을 파악하기 위하여 현재 보유량에서 손실량을 제외시켜 현재 상태의 CN값을 시간에 따라 적용하였다. 이와 같이 독립호우사상을 모형에 적용하여 유효우량을 산정할 때 토양수분함유량을 계산함으로써 NRCS-CN 유효우량 산정방법을 개선하였다.
- [0085] 산정된 유효우량을 Clark 단위도법에 적용하여 소유역별 홍수량(유출량)을 산정하며, Muskingum 방법을 적용하여 하도 추적을 수행하여 직접 유출량을 산정하였다. 그리고, Eckhardt가 고안한 Recursive digital filter 방법으로 총 유출량으로부터 기저유출량을 산정하여, 이를 직접유출량과 합하여 유역의 총 유출량을 산정하였다.
- [0086] 이상과 같은 본 발명에 따르면, 시간단위의 강우-유출 해석 모듈을 이용하여 연속적인 호우사상에 대한 정확한 강우-유출 해석을 수행할 수 있고 거대 홍수 및 범람에 효율적으로 대비할 수 있도록 한다.
- [0087] 본 발명은 도면에 도시된 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

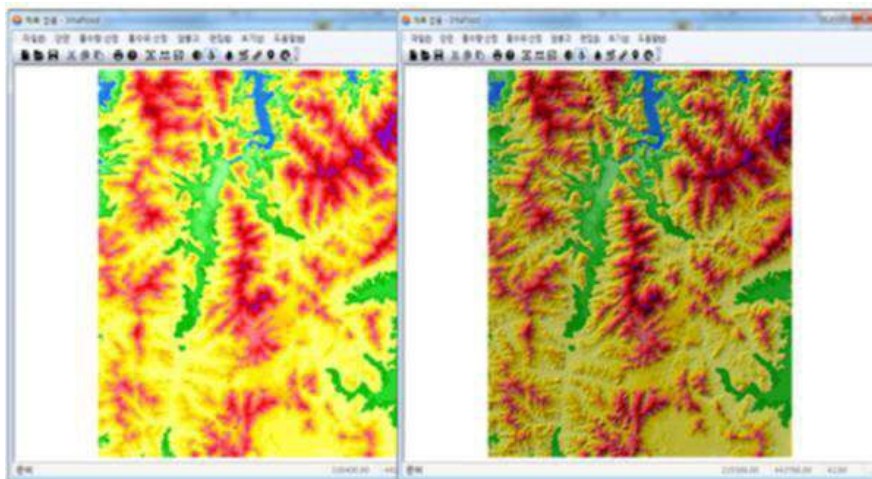
- [0088] 100: 연속호우사상 기반의 거대홍수 및 댐붕괴 해석 시스템
110: 노드 설정부 120: 환경 설정부
130: 수집부 140: 분석부

도면

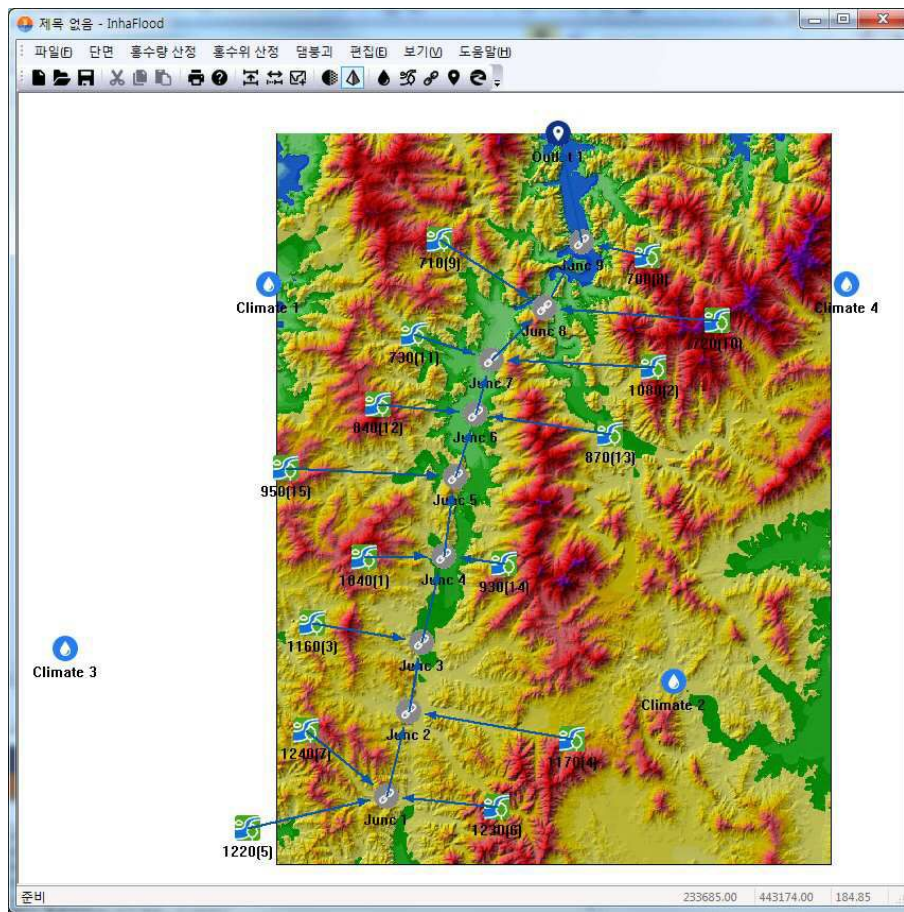
도면1



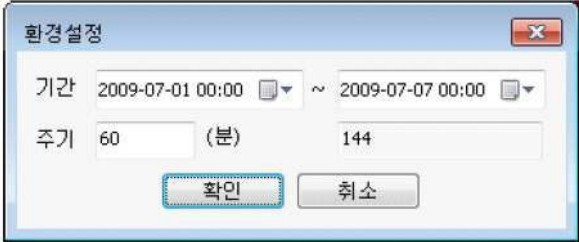
도면2



도면3



도면4



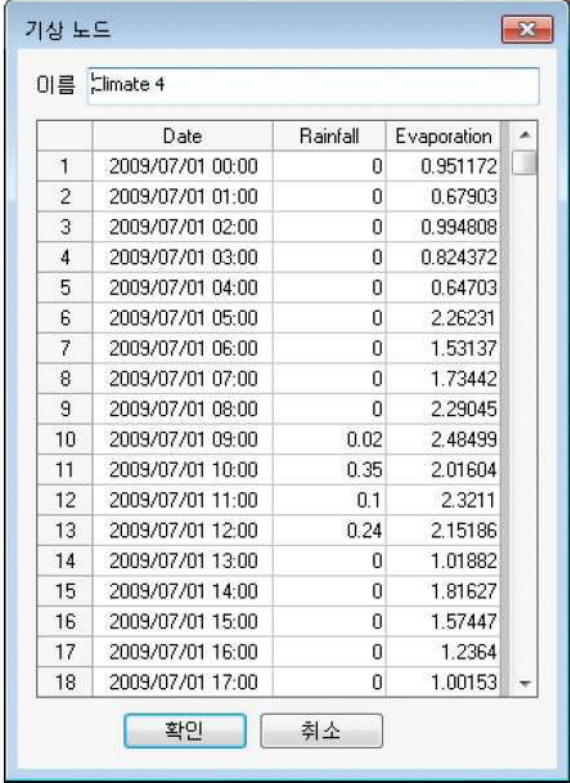
환경설정

기간 2009-07-01 00:00 ~ 2009-07-07 00:00

주기 60 (분) 144

확인 취소

(a)



기상 노트

이름 Climate 4

	Date	Rainfall	Evaporation
1	2009/07/01 00:00	0	0.951172
2	2009/07/01 01:00	0	0.67903
3	2009/07/01 02:00	0	0.994808
4	2009/07/01 03:00	0	0.824372
5	2009/07/01 04:00	0	0.64703
6	2009/07/01 05:00	0	2.26231
7	2009/07/01 06:00	0	1.53137
8	2009/07/01 07:00	0	1.73442
9	2009/07/01 08:00	0	2.29045
10	2009/07/01 09:00	0.02	2.48499
11	2009/07/01 10:00	0.35	2.01604
12	2009/07/01 11:00	0.1	2.3211
13	2009/07/01 12:00	0.24	2.15186
14	2009/07/01 13:00	0	1.01882
15	2009/07/01 14:00	0	1.81627
16	2009/07/01 15:00	0	1.57447
17	2009/07/01 16:00	0	1.2364
18	2009/07/01 17:00	0	1.00153

확인 취소

(b)

도면5

소유역정보

이름 1040(1)

길이 7637.79 (m) 경사 0.00353506

CN 71.3514 면적 31.5315 (km²)

기상(티센계수)

기상노드1	Climate 2	50.72 (%)
기상노드1	Climate 3	49.28 (%)
기상노드1	None	(%)
기상노드1	None	(%)
기상노드1	None	(%)

확인 취소

(a)

채널 정보

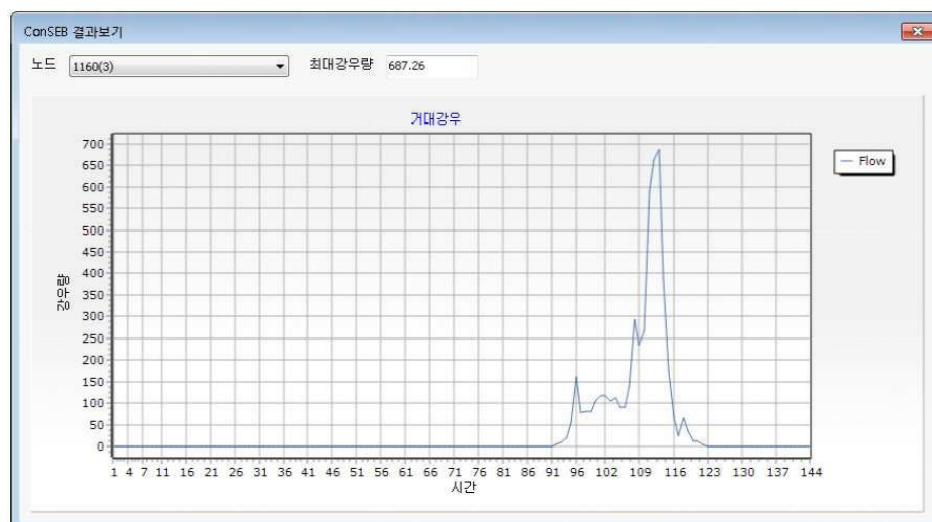
이름 330

길이 2195.51 (m) Coeff 0.0118423

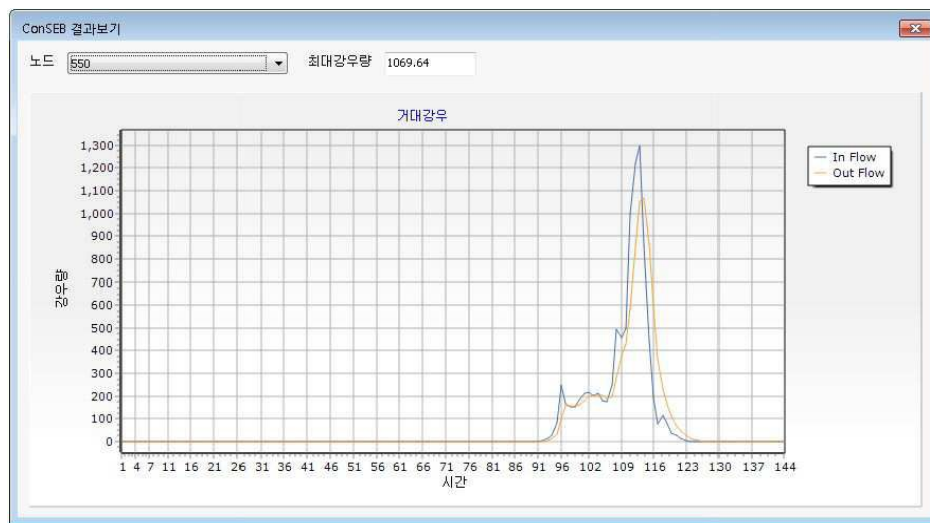
확인 취소

(b)

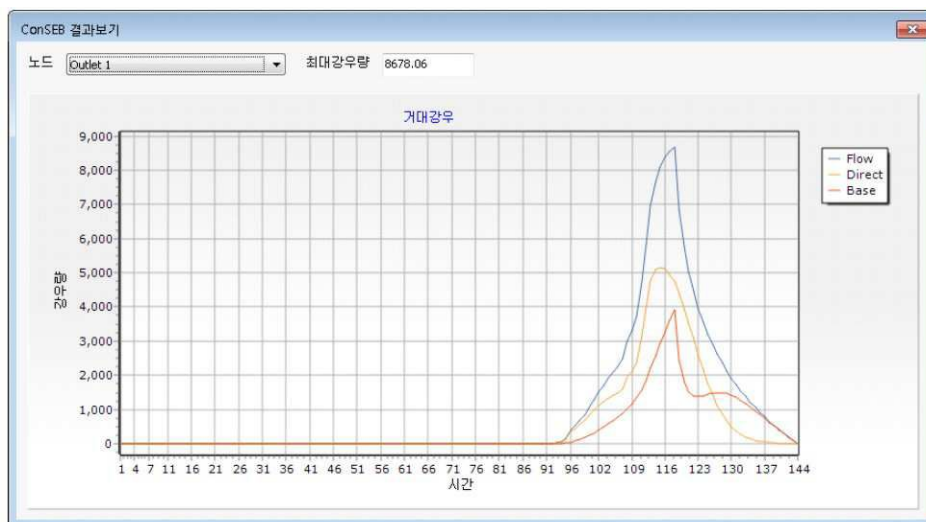
도면6



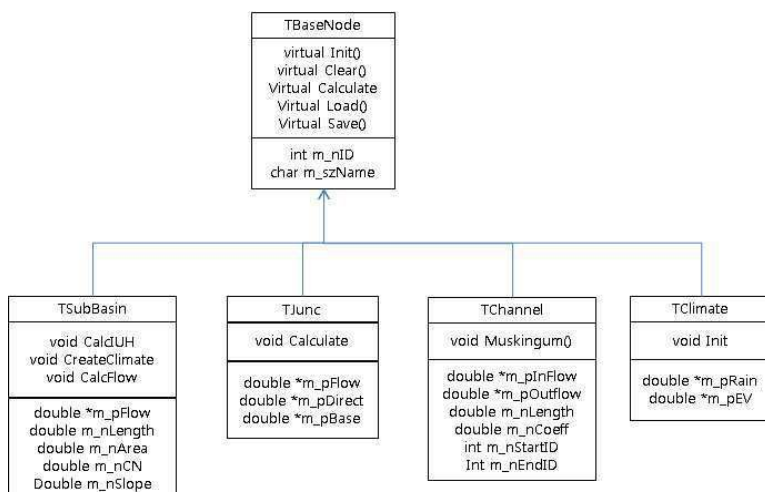
도면7



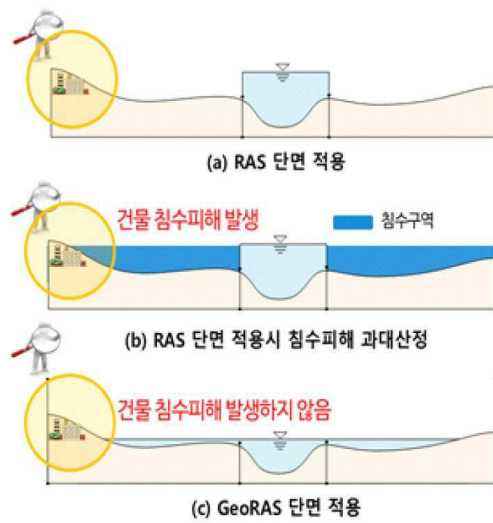
도면8



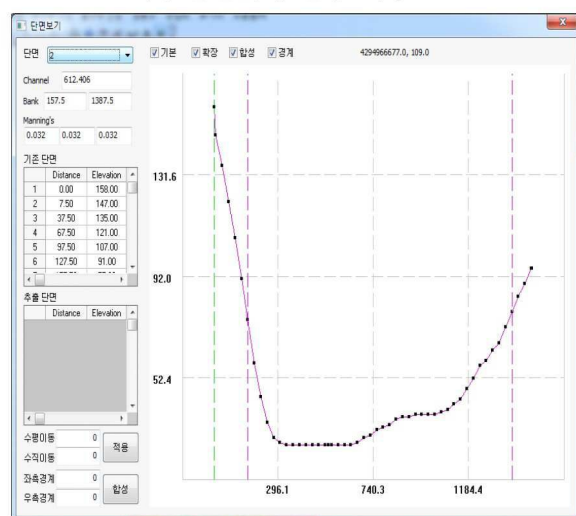
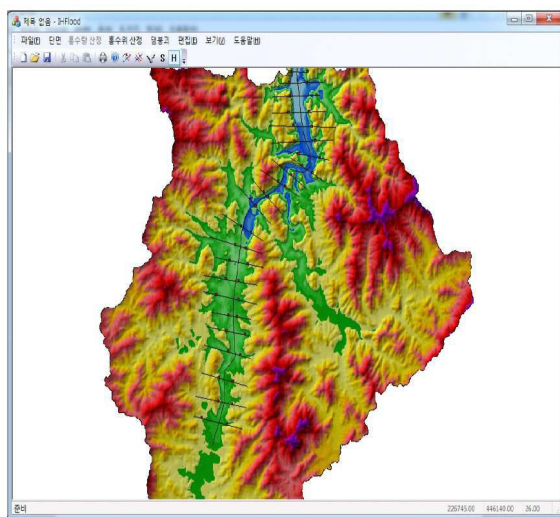
도면9



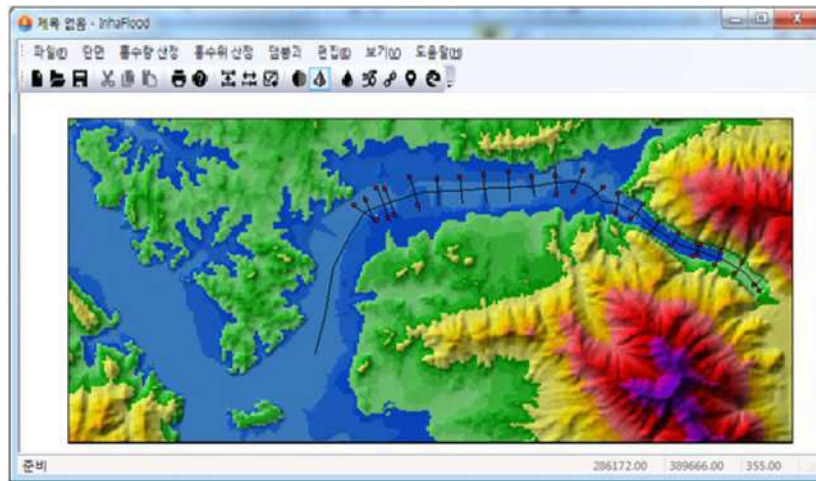
도면10



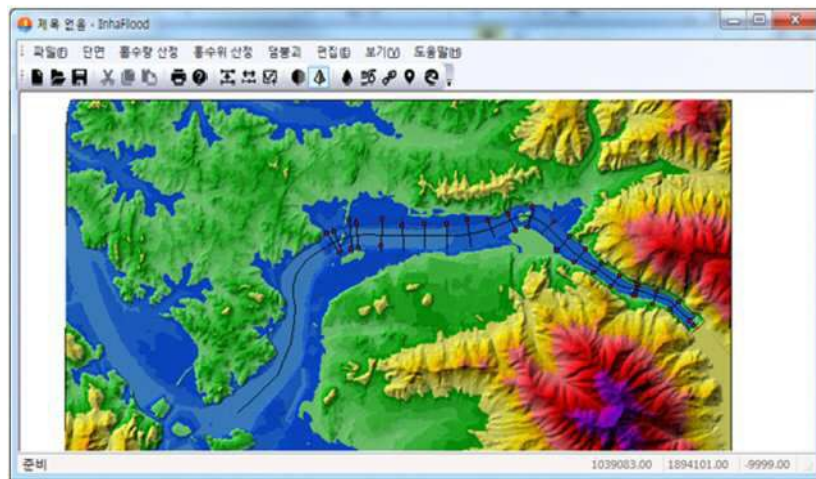
도면11



도면12



(a)

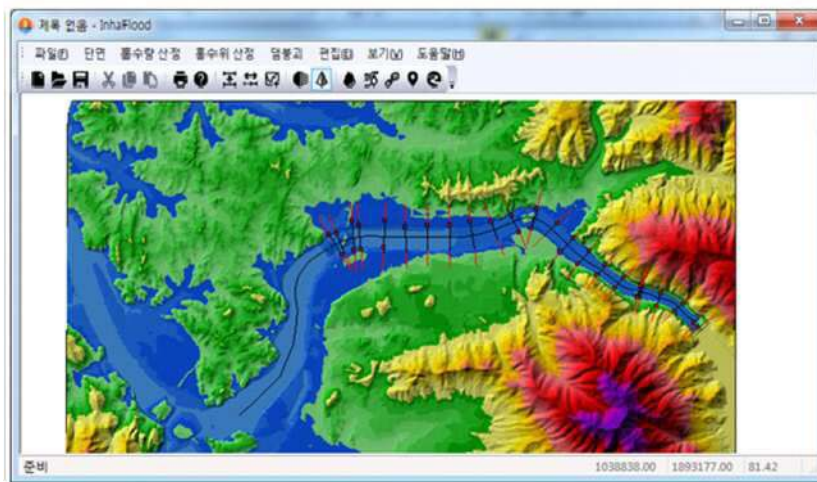


(b)

도면13

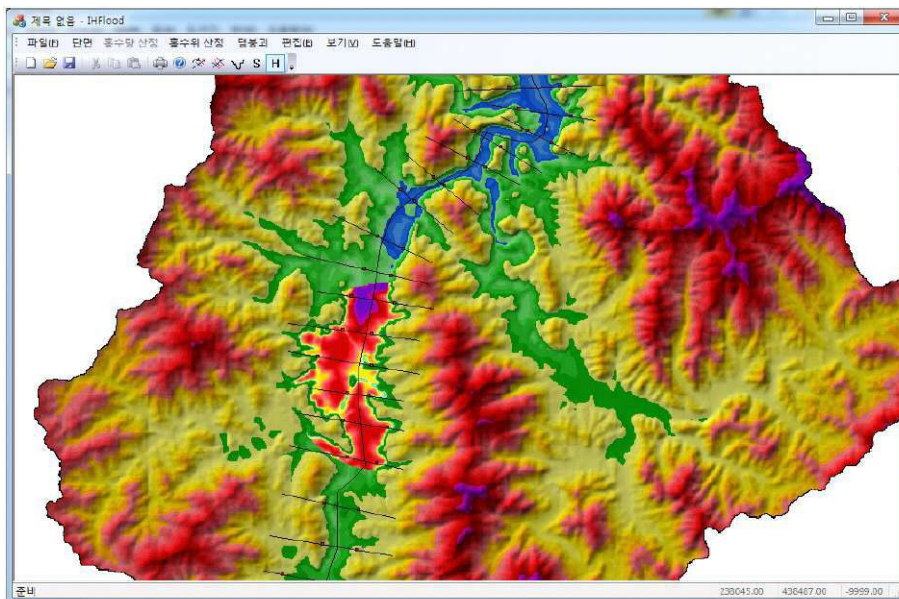


(a)

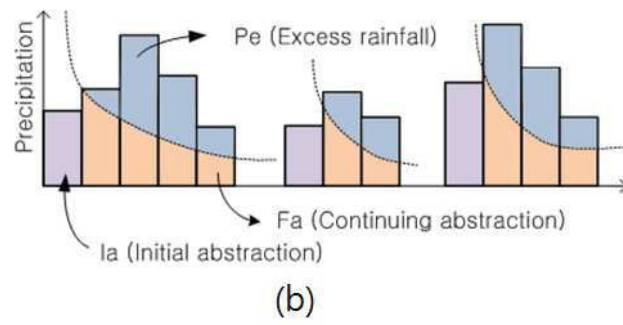
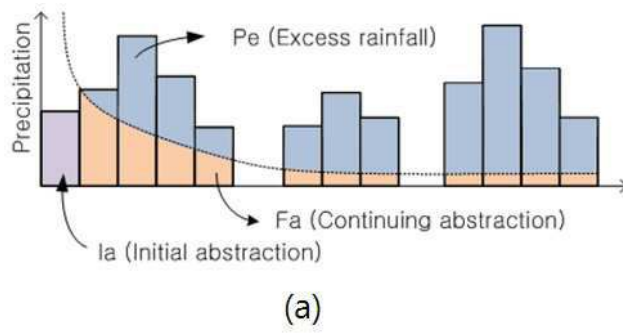


(b)

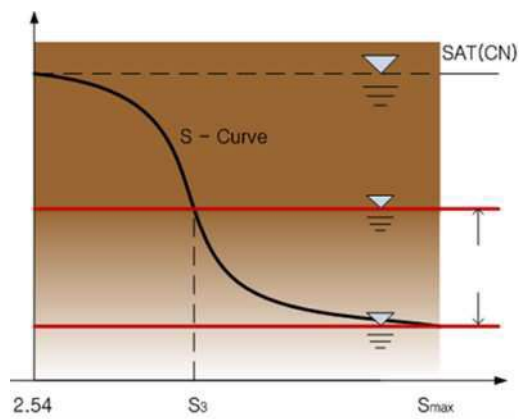
도면14



도면15



도면16



도면17

