

우수하수관리모델 (SWMM 2D 통합)

변경 안내

기존 GISpipe에서는 배수관망모델, 우수하수관리모델, 지표유출모델이 각각 별도의 메뉴로 제공되었습니다. 이번 업데이트에서 지표유출모델이 우수하수관리모델에 통합되었습니다.

| 기존 구성 | 변경 후 구성 |
|----------|-----------------------|
| 배수관망모델 | 배수관망모델 |
| 우수하수관리모델 | 우수하수관리모델 (SWMM 2D 통합) |
| 지표유출모델 | |

SWMM 2D 개요

SWMM 2D는 EPA SWMM 1D 관망 해석과 2D 천수방정식(Shallow Water Equations, SWE) 솔버를 양방향 커플링하여 DEM 기반으로 침수를 시뮬레이션하는 통합 해석 모델입니다.

주요 특징:

- 1D(SWMM 관망) + 2D(지표면) 양방향 커플링
 - 1D 범람 → 맨홀을 통해 2D 지표면으로 월류
 - 2D 지표면 → 맨홀을 통해 1D 관망으로 유입
- DEM을 직접 2D 계산 격자로 사용 (별도 메쉬 생성 불필요)
- 소유역(Subcatchment) 사용 안 함 — 2D DEM이 소유역 역할 대체
- 커플링 지점 = 맨홀(절점)
- 독립 절점 + inflow로 강우 없이도 지표면 유출 모의 가능

SWMM 관망도 레이어 구성:

| 레이어 | 설명 |
|-----------------------|------------------------|
| SWMM 관망 | 1D 관망 데이터 (하수관, 맨홀 등) |
| 지표면 DEM | 지형 높이 (건물 포함) |
| 조도계수(Manning's n) DEM | 토지이용도 기반 Manning's n 값 |

| | |
|--------|----------------|
| 침투 DEM | 토양도 기반 침투 코드 값 |
|--------|----------------|

해석 결과:

- 수심 (침수 범위 포함) — 색으로 표시
- 유속 및 흐름 방향 — 색과 화살표로 표시

결과는 DEM 위에 시간별로 시각화되어 표시됩니다.

[Figure 1: SWMM 2D 개념도 - 1D-2D 양방향 커플링 - 스크린샷 추후 삽입]

빠른 시작 (Quick Start)

SWMM 2D를 가장 간단하게 테스트할 수 있는 방법입니다. 조도계수(Manning's n)/침투 DEM 없이 지표면 DEM과 강우 자료만으로 바로 2D 해석이 가능합니다.

1단계: 빈 관망 레이어 추가

우수하수관리모델에서 빈 SWMM 관망 레이어를 추가합니다.

[Figure Q1: 빈 관망 레이어 추가 - 스크린샷 추후 삽입]

2단계: 강우 자료 생성 (Huff Curve)

설정 > 시계열에서 Huff Curve 값으로 강우 자료를 생성합니다.

[Figure Q2: 시계열 - Huff Curve 강우 자료 생성 - 스크린샷 추후 삽입]

3단계: 우량계 추가 및 시계열 연결

편집에서 우량계(Rain Gauge)를 추가하고, 생성한 시계열 강우 자료를 연결합니다.

[Figure Q3: 우량계 추가 및 시계열 연결 - 스크린샷 추후 삽입]

4단계: 2D 레이어 추가 (지표면만)

2D 레이어 추가에서 지표면 DEM만 추가합니다. 조도계수(Manning's n)와 침투 DEM은 없어도 해석이 가능합니다.

[Figure Q4: 2D 레이어 추가 - 지표면만 선택 - 스크린샷 추후 삽입]

5단계: 해석 실행 및 결과 확인

해석실행 버튼을 클릭하면 바로 결과를 확인할 수 있습니다.

[Figure Q5: 빠른 시작 해석 결과 - 스크린샷 추후 삽입]

Tip: 이 방법으로 SWMM 2D 기본 동작을 빠르게 확인할 수 있습니다. 보다 정확한 해석을 위해서는 다음 절의 10단계 사용법을 참고하십시오.

SWMM 2D 사용법 (10단계)

다음은 SWMM 2D 통합 해석을 정밀하게 수행하기 위한 단계별 작업 순서입니다.

1단계: DEM 지표면 자료 준비

2D 해석의 기본이 되는 DEM(수치표고모델) 자료를 준비합니다. 도시 침수 해석에는 고해상도 DEM이 필요합니다.

방법 A: DEM 파일 가져오기

- 항공 LiDAR 등 고해상도 DEM 파일을 왼쪽 레이어 패널의 가져오기 버튼을 클릭하여 가져옵니다.

방법 B: 등고선 데이터로 DEM 생성

- 등고선 데이터를 가져온 후, 도구 메뉴의 DEM 생성 기능을 사용하여 DEM을 생성합니다.

[Figure 2: DEM 가져오기 / DEM 생성 화면 - 스크린샷 추후 삽입]

2단계: 건물 데이터 가져오기

건물 데이터를 가져옵니다. 건물은 2D 해석에서 두 가지 역할을 합니다:

- 물이 흐를 수 없는 장애물 — 흐름 경로에 영향
- 건물 지붕에 내리는 강우의 배분 처리

건물 폴리곤 데이터(ESRI ShapeFile)를 왼쪽 레이어 패널의 가져오기 버튼을 클릭하여 가져옵니다.

[Figure 3: 건물 데이터 가져오기 - 스크린샷 추후 삽입]

3단계: 토지이용도 / 토양도 가져오기

조도계수(Manning's n)와 침투 매개변수 산정을 위해 토지이용도와 토양도를 가져옵니다.

토지이용도 및 토양도는 ESRI ShapeFile 형식으로 왼쪽 레이어 패널의 가져오기 버튼을 클릭하여 가져옵니다.

- 토지이용도 → 조도계수(Manning's n) 산정 (도로, 녹지, 건물 등 지표면 특성)
- 토양도 → 침투(Infiltration) 및 증발(Evaporation) 매개변수 산정

[Figure 4: 토지이용도 / 토양도 가져오기 - 스크린샷 추후 삽입]

4단계: 유역 & 스트림 생성

도구(Tools) 메뉴의 유역 & 스트림 생성 기능을 사용하여 DEM 지표면을 분석합니다.

- DEM 기반으로 유역 경계와 스트림(수계)을 자동 생성합니다.
- 생성된 유역 폴리곤은 이후 단계에서 해석 영역을 정의하는 데 사용됩니다.

[Figure 5: 유역 & 스트림 생성 결과 - 스크린샷 추후 삽입]

5단계: 대상 유역 선택

생성된 유역 중 해석 대상 유역만 남기고 나머지 불필요한 유역은 삭제합니다.

[Figure 6: 대상 유역 선택 및 불필요 유역 삭제 - 스크린샷 추후 삽입]

6단계: 다각형 영역 외 제거

편집(Edit) 메뉴의 "다각형 영역 외 제거" 기능을 사용합니다.

대상 유역 폴리곤으로 중첩 연산하여 DEM, 건물, 토지이용도, 토양도 등 각 레이어에서 유역 밖의 불필요한 부분을 제거합니다.

[Figure 7: 다각형 영역 외 제거 적용 예시 - 스크린샷 추후 삽입]

7단계: 건물을 DEM에 중첩

편집(Edit) 메뉴의 "도형을 래스터에 중첩" (중첩연산) 기능을 사용합니다.

건물 폴리곤에 높이값(10m)을 DEM에 더하여 건물을 지표면에 반영합니다.

설정 방법:

1. 중첩연산 대화상자에서 건물 레이어 선택
2. 입력 형태: "값 직접 입력" 선택
3. 입력 형태: "기존값에 더하기" 선택
4. 값에 10 입력 (10m)
5. 확인 버튼 클릭

참고: 10m는 안전을 위해 충분한 높이로 설정한 값입니다. 건물이 DEM보다 높아져 2D 해석에서 물이 통과할 수 없는 장벽 역할을 합니다.

[Figure 8: 중첩연산 대화상자 - 건물 높이 입력 - 스크린샷 추후 삽입]

[Figure 9: 건물 중첩 적용 전/후 DEM 비교 - 스크린샷 추후 삽입]

8단계: 조도계수(Manning's n) DEM / 침투 DEM 생성

지표면 DEM을 복사하여 조도계수(Manning's n) 레이어와 침투 레이어를 생성합니다.

지표면 DEM을 복사하는 이유: 지표면과 동일한 크기(해상도, 범위)와 해석 영역을 유지하기 위해서입니다. 또한 중첩이 안 된 곳에 기본값이 들어가야 하기 때문입니다.

8-1. 조도계수(Manning's n) 레이어 생성

1. 지표면 DEM 레이어를 복사합니다.
2. 토지이용도 폴리곤을 이용하여 중첩연산으로 조도계수(Manning's n) 값을 입력합니다.
3. 중첩이 안 된 곳에는 기본값이 적용됩니다.

[Figure 10: 조도계수(Manning's n) 레이어 생성 결과 - 스크린샷 추후 삽입]

8-2. 침투 레이어 생성

1. 지표면 DEM 레이어를 복사합니다.
2. 토지이용도/토양도 폴리곤을 이용하여 중첩연산으로 침투 코드표의 Code 값을 입력합니다.
3. 침투 레이어에는 실제 침투값이 아닌 코드 번호가 입력되며, 해석 시 침투 코드표를 참조하여 실제 매개변수가 적용됩니다.

침투 코드표 (Infiltration Table):

| Code | Name | Horton f0 | Green-Ampt Ks | Curve | Evap. |
|------|------------|-----------|---------------|--------|--------|
| | | | | Number | Coeff. |
| 0 | Permeable | 0.0000139 | 0.0000333 | 72 | 0.70 |
| 1 | Impervious | 0.0000000 | 0.0000000 | 98 | 0.30 |
| 3 | Forest | 0.0000278 | 0.0000067 | 55 | 0.90 |
| 7 | Pavement | 0.0000028 | 0.0000010 | 92 | 0.30 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |

전체 침투 코드표는 우수하수관리모델 > 모델 > 침투 코드표에서 확인/편집할 수 있습니다.

[Figure 11: 침투 코드표 화면 - 스크린샷 추후 삽입]

[Figure 12: 침투 레이어 생성 결과 - 스크린샷 추후 삽입]

9단계: 2D 레이어를 SWMM 관망도에 추가

준비된 3개의 DEM 레이어를 SWMM 관망도 레이어에 추가합니다.

추가 방법:

1. 우수하수관리모델 > 모델 > 2D 레이어 추가 버튼 클릭
2. 드롭다운에서 "지표면" 선택 → 지표면 DEM 레이어 지정
3. 드롭다운에서 "조도계수(Manning's n)" 선택 → 조도계수(Manning's n) DEM 레이어 지정
4. 드롭다운에서 "침투" 선택 → 침투 DEM 레이어 지정

SWMM 관망은 기존 SWMM 레이어에 이미 포함되어 있습니다.

최종 SWMM 관망도 레이어 구성:

| 레이어 | 상태 |
|-----------------------|------------------|
| SWMM 관망 | 기존 SWMM 레이어에 포함됨 |
| 지표면 DEM | 2D 레이어 추가로 등록 |
| 조도계수(Manning's n) DEM | 2D 레이어 추가로 등록 |
| 침투 DEM | 2D 레이어 추가로 등록 |

[Figure 13: 2D 레이어 추가 드롭다운 메뉴 - 스크린샷 추후 삽입]

[Figure 14: SWMM 관망도 레이어 구성 화면 - 스크린샷 추후 삽입]

10단계: 해석 실행 및 결과 확인

모든 설정이 완료되면 해석을 실행합니다.

해석 실행:

1. 우수하수관리모델 > 해석실행 버튼 클릭
2. 시뮬레이션 진행 상황을 확인합니다.
3. 완료 후 결과를 확인합니다.

해석 결과:

결과는 DEM 위에 이미지로 시각화되어 표시됩니다. 시간에 따라 침수가 확산/축소되는 과정을 확인할 수 있습니다.

| 결과 항목 | 설명 |
|---------------|--|
| 수심 (Depth) | 색으로 표시. 각 DEM 셀의 침수 수심. 수심 > 0인 영역 = 침수 범위 |
| 유속 (Velocity) | 색과 화살표로 표시. 지표면 흐름의 유속 분포 및 방향 |

[Figure 15: 해석 결과 - 수심(침수 범위) 표시 - 스크린샷 추후 삽입]

[Figure 16: 해석 결과 - 유속 분포 표시 - 스크린샷 추후 삽입]

[Figure 17: 해석 결과 - 시간별 침수 변화 - 스크린샷 추후 삽입]

참고: 추가 활용

독립 절점을 활용한 지표면 유출 모의

관로와 연결되지 않은 독립 절점에 inflow 값을 입력하면, 해당 지점에서 지표면(2D)으로 유출되는 과정을 모의할 수 있습니다.

활용 예시:

- 특정 지점에서의 방류
- 펌프장 토출수
- 외부 유입수 모델링

참고: 강우 없이도 지표면 유출 시뮬레이션이 가능합니다.

※ 본 문서는 초안으로, 프로그램 스크린샷은 추후 삽입될 예정입니다.

※ [Figure X: ...] 표시는 스크린샷 삽입 위치를 나타냅니다.