



Workbook

1 시간만에 배우는 초간단 학습 매뉴얼

© 2024 CHI 및 하이드로소프트 판권소유 (저작권 보호 대상)

PCSWMM 소프트웨어 및 관련 문서의 승인받지 않은 복제는 엄격히 금지되어 있습니다.

PCSWMM 개발사인 CHI는 구할 수 있는 최신 정보를 바탕으로 심혈을 기울여 오랜 기간 동안 제품을 개발하였지만, 본 프로그램과 관련해서 직접적으로든 간접적으로든 아무런 보증을 하지는 않습니다. 그리고 어떤 특정한 목적이나 이 사용자 매뉴얼에 들어있는 정보에 대한 유효성에 대해서도 보증하지 않습니다.

제품의 기능과 개발 배경에 대해 궁금한 점은 CHI로 문의하십시오:

Computational Hydraulics, Inc.

e-mail: support@chiwater.com

<https://www.pcswmm.com>

PCSWMM 한글판이나 사용법 등은 CHI사의 한국 공식 대리점인 하이드로소프트에 문의하십시오.

하이드로소프트

e-mail: support@hydrosoft.co.kr

<https://www.hydrosoft.co.kr>

본 매뉴얼은 공식 대리점인 하이드로소프트에서 제작한 것으로 결과값에 대한 여타의 법적 책임을 지을 수 없습니다. 더불어 본 매뉴얼의 일부 및 전체에 대한 서면 승인 없는 무단 전제나 복사 및 배포는 법률에 의거 처벌받을 수 있습니다.

목 차

1	1D 해석.....	1
1.1	새로운 PCSWMM 모델 만들기.....	1
1.2	xp 파일 불러오기	3
1.3	배경 CAD 파일 불러오기	5
1.4	1D 관망 확인하고 수정하기.....	6
1.5	강우 입력하기	10
1.6	실행 및 결과 보기.....	13
2	2D 해석.....	18
2.1	2D 해석에 필요한 데이터 작업.....	18
2.2	2D 노드 레이어에 포인트 생성.....	21
2.3	2D 지표 메쉬 생성.....	22
2.4	1D와 2D 연결하기	23
2.5	실행 및 결과 보기.....	24
3	상수 관망 해석	32
3.1	기존 EPANET2 관망 가져오기.....	32
3.2	수요량과 제어 규칙	35
3.3	모델 실행 및 결과 검토.....	36

1 1D 해석

환영합니다! 본 매뉴얼은 말 그대로 “초간단” 매뉴얼로서, 업무에 바쁜 엔지니어 여러분들이 새로운 제품에 익숙해지는 수고를 조금이나마 덜어드리기 위해 하이드로소프트가 국내 실제 과제를 바탕으로 제작하였습니다. PCSWMM의 기본적인 내용들을 연습하면서 이 프로그램에 익숙해지기를 바랍니다.

아래 2개의 과를 완성하는 데 소요되는 시간은 총 1시간입니다:

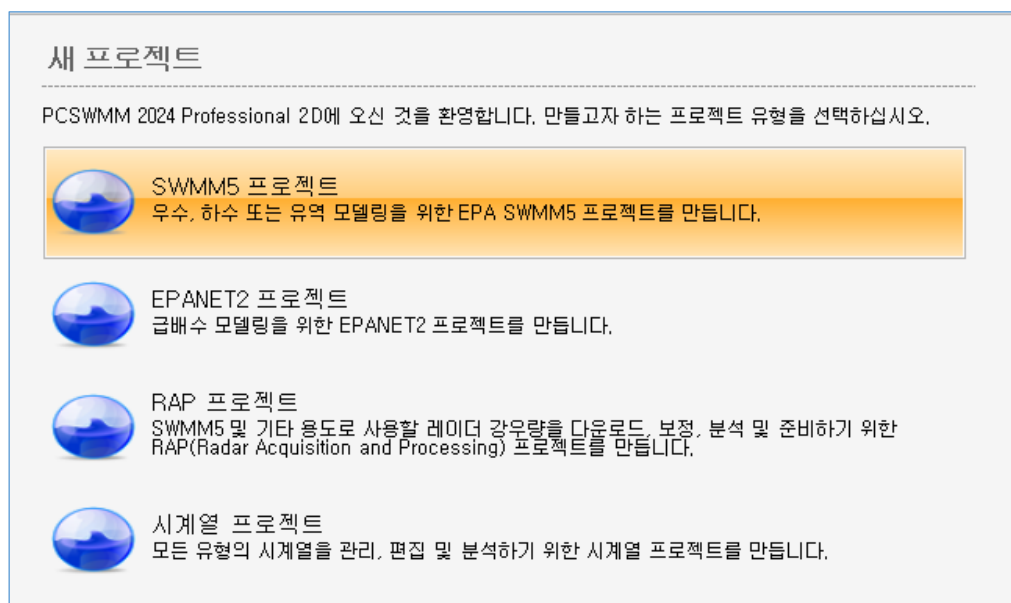
- 1D 해석 – 30분 소요
- 2D 해석 – 30분 소요

첫 순서는 PCSWMM을 사용한 1D 모델링에 대한 실습입니다. 새로운 PCSWMM 모델을 만들고 XP 파일을 불러와 1D 해석을 진행하는 과정을 연습할 것입니다.

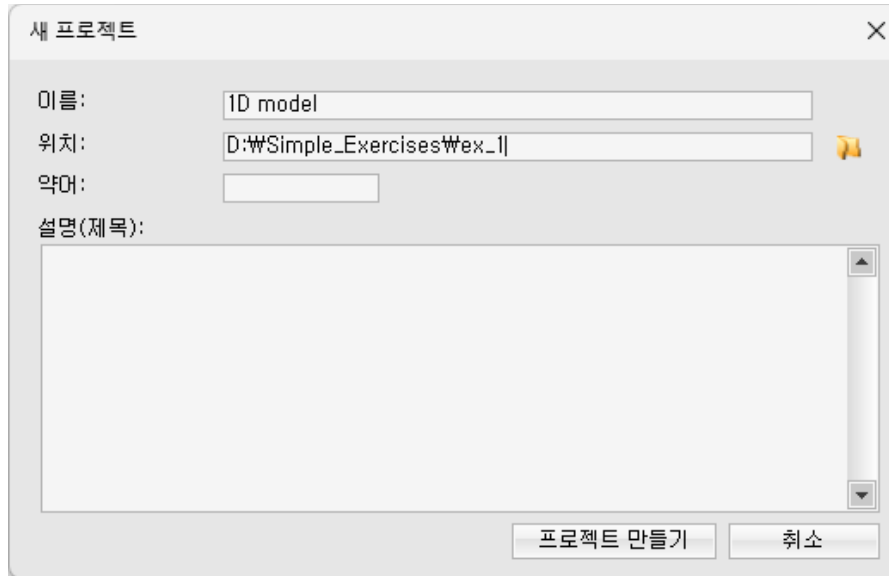
1.1 새로운 PCSWMM 모델 만들기

먼저 SWMM5 프로젝트를 생성해 보겠습니다.

1. PCSWMM을 실행하고 시작 화면 왼쪽에 있는 **새 프로젝트** 버튼을 클릭합니다.
2. 새 프로젝트 목록에서 **SWMM5 프로젝트**를 선택합니다.



3. 위치 항목에서, 📁 를 눌러 본 매뉴얼과 함께 제공된 **Simple_Exercises** 폴더를 클릭하고 **새 폴더 만들기**를 클릭합니다. (해당 폴더는 영문 경로상에 복사하여 사용하시는 것을 추천)
4. 새 폴더의 이름을 **ex_1**으로 입력하고 **확인** 버튼을 클릭합니다.
5. **새 프로젝트** 대화 상자에서 이름에 **1D model**이라고 적습니다.



6. **프로젝트 만들기** 버튼을 클릭합니다.

참고: 프로젝트를 생성할 때 프로젝트 메모를 추가하는 옵션도 있습니다. 그런 다음 **속성 패널**의 **프로젝트 노트** 탭을 사용하여 언제든지 추가 정보나 작업 목록이 포함된 노트를 편집하거나 추가할 수 있습니다.

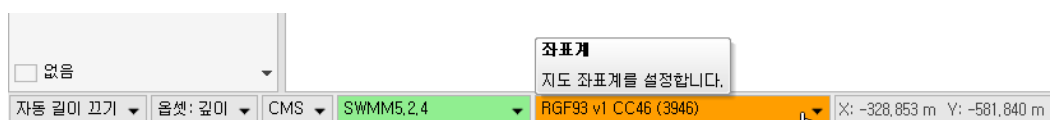
기본적으로 사용할 단위계를 설정하겠습니다.

7. 하단 상태창 좌측 세 번째 드롭다운을 **CMS**로 설정합니다.

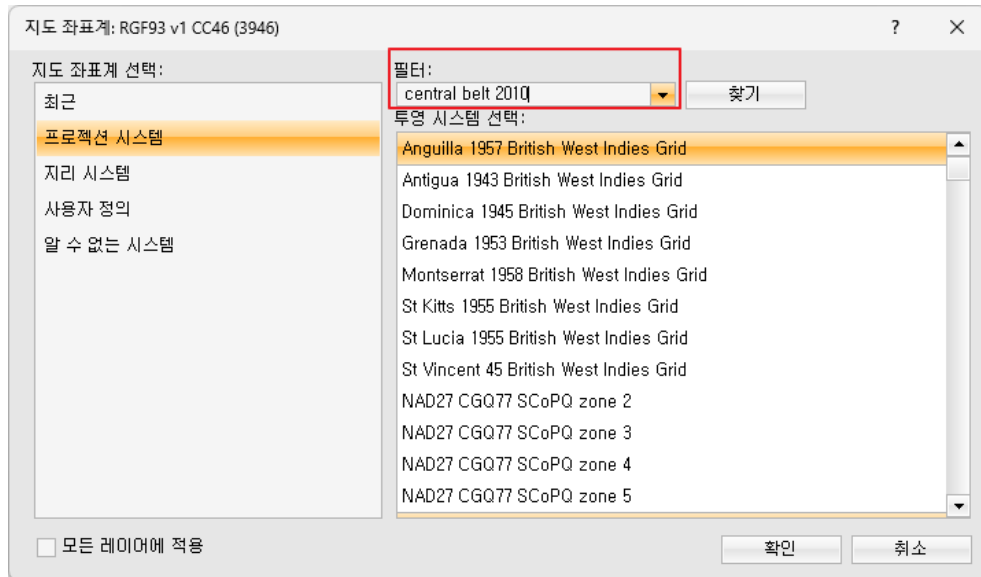


PCSWMM에는 다양한 좌표계를 지원합니다. 좌표계가 포함된 GIS, CAD 파일 등을 불러와서 작업할 때 유용합니다. 이 예제에서는 중부 좌표계로 설정하겠습니다.

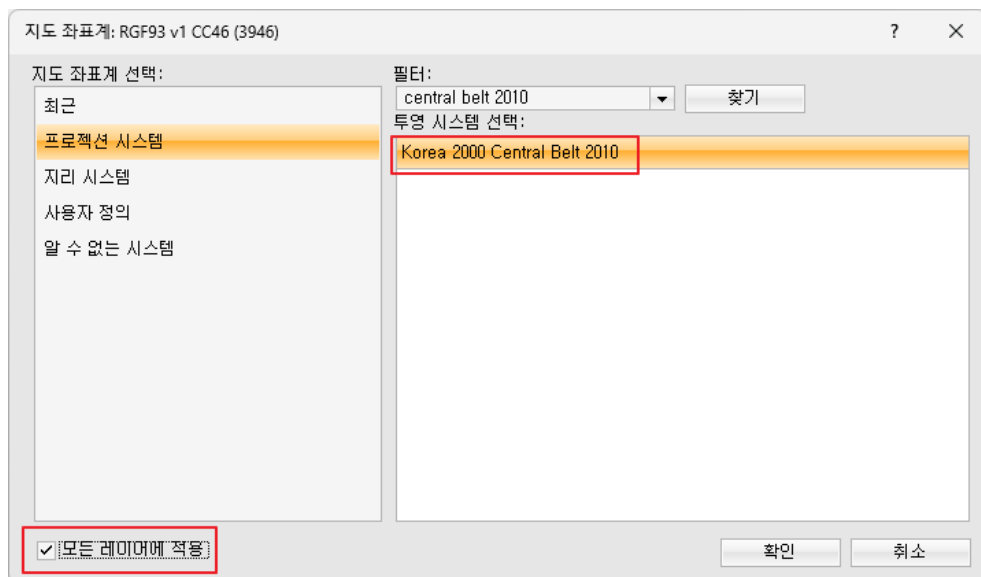
8. 하단 상태창 좌측 다섯 번째 드롭다운을 클릭하여 **지도 좌표계** 대화 상자를 엽니다.



9. 왼쪽 **지도 좌표계** 선택: 아래의 **프로젝션 시스템** 탭을 클릭합니다.
10. **필터** 부분에 **central belt 2010**을 입력 후 **찾기**를 누릅니다.



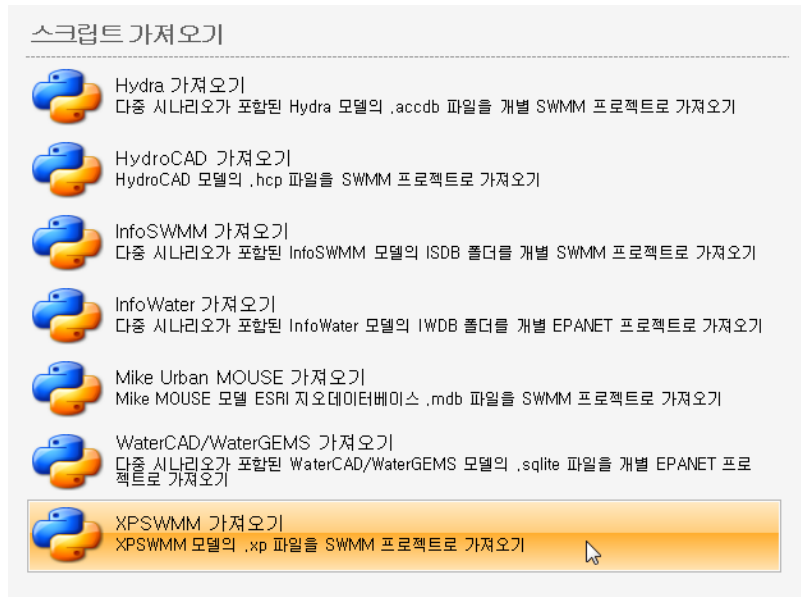
- 아래에 **Korea 2000 Central Belt 2010**을 선택하고 대화상자 좌측 하단의 **모든 레이어에 적용** 체크 박스를 클릭한 후, **확인**을 눌러서 대화 상자를 종료합니다.



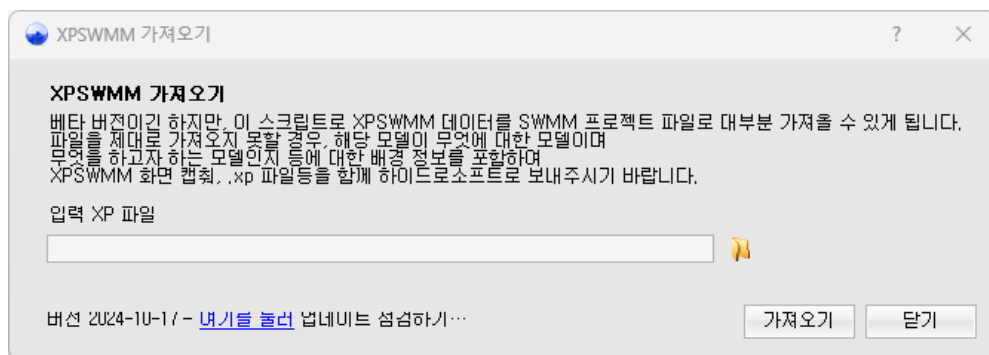
1.2 xp 파일 불러오기

PCSWMM은 XPSWMM에서 작업한 .xp 파일을 바로 불러올 수 있습니다.

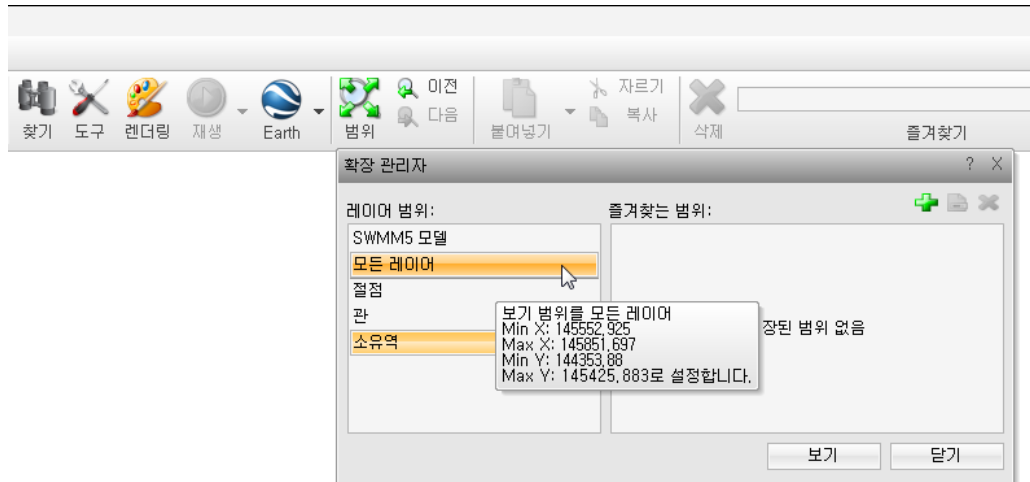
- 파일 탭의 **가져오기** 버튼을 클릭합니다.
- 우측의 **스크립트 가져오기**에서 **XPSWMM 가져오기**를 선택합니다.



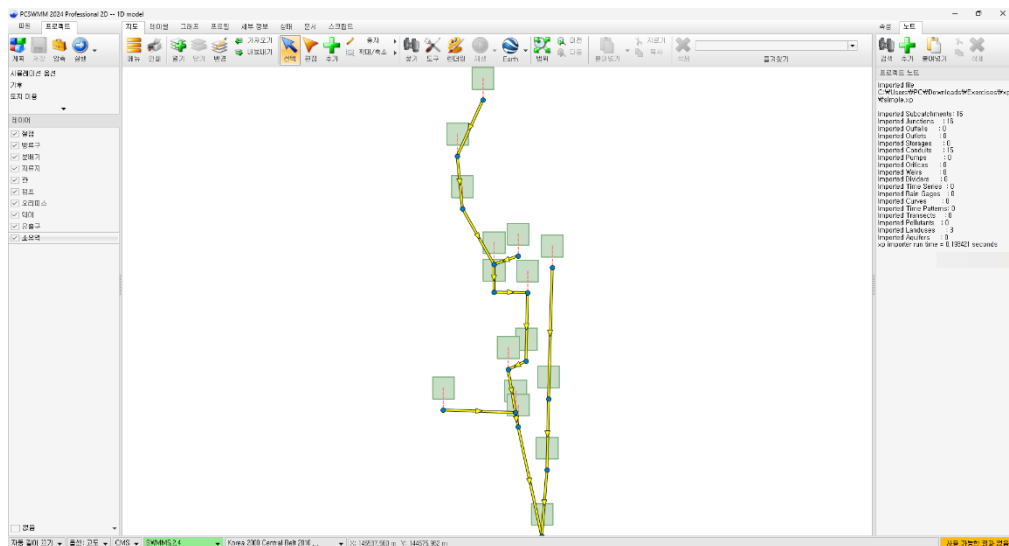
3. 잠시 기다리면 **xp 파일 가져오기** 창이 팝업되어 나옵니다.



4. 📁 을 클릭한 뒤 **Simple_Exercises\xp** 폴더의 **simple.xp**를 선택하고 **열기**를 클릭하여 열기 대화상자를 닫습니다.
5. **가져오기**를 클릭하고 나타나는 창에서 **예**를 클릭하면, xp 파일에서 어떤 정보를 불러왔는지 알려주는 보고서 창이 나타납니다. **닫기**를 눌러 해당 창을 닫습니다.
6. 해당 관망이 지도에 보이지 않는다면, **지도 패널의 범위** 🗺️ 를 클릭합니다.



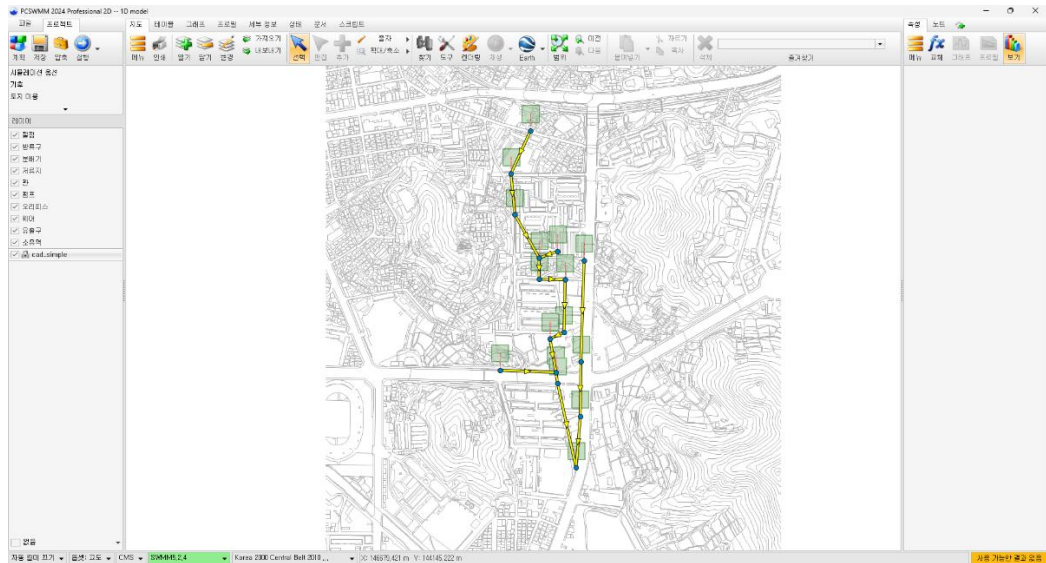
7. 모든 레이어를 클릭하고 보기를 클릭하면 해당 관망이 나타납니다.



1.3 배경 CAD 파일 불러오기

PCSWMM은 다양한 지도를 불러와서 적용할 수 있습니다. 이 예제에서는 준비된 CAD 파일을 불러와서 배경에 적용하도록 하겠습니다.

1. 지도 패널에서 열기 를 클릭합니다.
2. 우측 상단에 열기 를 클릭하여 불러올 파일을 찾습니다.
3. **Simple_Exercises\data** 폴더의 **cad_simple.dwg**를 선택한 후 열기를 클릭합니다. 좌표계 설정 창이 나타나면, **Korea 2000 Central Belt 2010 (5186)**을 클릭합니다.
4. 관망과 맞게 배경이 나타나는 것을 볼 수 있습니다.



1.4 1D 관망 확인하고 수정하기

다음 단계는 1D 관망이 잘 불러졌는지 확인하기 위해 맨홀, 관, 소유역 정보들을 확인하도록 하겠습니다.

1. 좌측 레이어 패널에서 절점 레이어를 선택한 후 상단에 테이블 패널을 클릭합니다.
2. 해당 절점에 대한 정보들을 원래 xpswmm의 정보들과 비교해볼 수 있습니다.

XPSWMM

파일(F) 편집(E) 보기(V) 옵션 포맷(F) 창 도움말(H)

simple.xp | 제목 없음 | [XP Tables]

이름

관저고
m

지반고(Spill
Crest)
m

NMB01	6.200	8.720
NMB02	3.310	4.910
NMB03	2.640	4.300
NMB04	1.550	4.000
NMB05	2.800	4.300
NMB06	0.000	2.180
NMB07	-0.050	2.170
NMB08	-0.190	2.700
NMB09	-0.220	3.000
NMB10	-0.250	2.540
NMB11	-0.390	2.110
NMB12	-0.600	2.150
TB01	5.820	7.700
TB02	1.220	2.720
TB03	0.490	2.110
TB04	5.960	7.560

절점

이름	X 좌표	Y 좌표	매그	이동여부	처리	관저고 (m)	지반고 (m)	깊이 (m)
NMB01	145668,066	145350,883		NO	NO	6.2	8.72	2.52
NMB02	145610,321	145223,299		NO	NO	3.31	4.91	1.6
NMB03	145621,305	145102,745		NO	NO	2.64	4.3	1.6600000000000001
NMB04	145694,167	144975,257		NO	NO	1.55	4	2.45
NMB05	145748,721	144994,359		NO	NO	2.8	4.3	1.5
NMB06	145693,923	144912,109		NO	NO	0	2.18	2.18
NMB07	145770,391	144910,118		NO	NO	-0.05	2.17	2.22
NMB08	145767,608	144754,511		NO	NO	-0.19	2.7	2.89
NMB09	145726,399	144735,169		NO	NO	-0.22	3	3.22
NMB10	145743,258	144636,064		NO	NO	-0.25	2.54	2.79
NMB11	145749,147	144603,498		NO	NO	-0.39	2.11	2.5
NMB12	145803,848	144353,88		NO	NO	-0.6	2.15	2.75
TB01	145826,697	144967,614		NO	NO	5.82	7.7	1.88
TB02	145818,399	144667,695		NO	NO	1.22	2.72	1.5
TB03	145815,539	144505,334		NO	NO	0.49	2.11	1.62
TB04	145577,925	144642,511		NO	NO	5.96	7.56	1.6

3. 마찬가지로 관 레이어를 클릭하면 해당 정보들이 나옵니다. 이 또한 xp와 비교해볼 수 있습니다.

XPSWMM

관 프로파일: 링크 L2029

확인

취:

PCSWMM

관

관 이름	유입 노드	유출 노드	관 길이 (m)	경사 (%)	유입구 고도 (m)	유출구 고도 (m)	구배 (m/m)
L1598	NMB05	NMB04	74,6	0,014	2,8	1,55	0,01676
L1630	NMB01	NMB02	158,9	0,014	6,2	3,31	0,01819
L1632	NMB02	NMB03	125,5	0,014	3,31	2,64	0,00534
L1664	NMB03	NMB04	195,5	0,014	2,64	1,55	0,00558
L1680	NMB08	NMB09	56	0,014	-0,19	-0,22	0,00054
L1681	NMB09	NMB10	100,6	0,014	-0,22	-0,25	0,0003
L1957	TB04	NMB10	166,4	0,014	5,96	-0,25	0,03735
L1970	NMB06	NMB07	79,3	0,014	0	-0,05	0,00063
L2013	NMB04	NMB06	80,8	0,014	1,55	0	0,01919
L2029	NMB07	NMB08	155,6	0,014	-0,05	-0,19	0,0009
L2031	TB01	TB02	300	0,014	5,82	1,22	0,01534
L2035	TB02	TB03	108	0,014	1,22	0,49	0,00676
L2096	NMB10	NMB11	34,1	0,014	-0,25	-0,39	0,00411
L3196	NMB11	NMB12	256,8	0,014	-0,39	-0,6	0,00082
L3197	TB03	NMB12	152,5	0,014	0,49	-0,6	0,00715

4. 소유역 레이어를 클릭하여 소유역 정보들을 봅니다.

XPSWMM					
파일(F) 편집(E) 보기(V) 옵션(O) 포맷(F) 장 도울말(H)					
simple.xp 제목 없음 [XP Tables X]					
이름	Subcatchment	면적 ha	너비 m	구배 m/m	
NMB01	1	1.854	50.000	0.010	
NMB02	1	0.937	50.000	0.010	
NMB03	1	3.531	50.000	0.010	
NMB04	1	0.369	50.000	0.010	
NMB05	1	1.676	50.000	0.010	
NMB06	1	0.350	50.000	0.010	
NMB07	1	0.300	50.000	0.010	
NMB08	1	2.567	50.000	0.010	
NMB09	1	2.877	50.000	0.010	
NMB10	1	0.497	50.000	0.010	
NMB11	1	1.383	50.000	0.010	
NMB12	1	4.000	50.000	0.010	
TB01	1	0.769	50.000	0.010	
TB02	1	0.802	50.000	0.010	
TB03	1	0.325	50.000	0.010	
TB04	1	0.381	50.000	0.010	

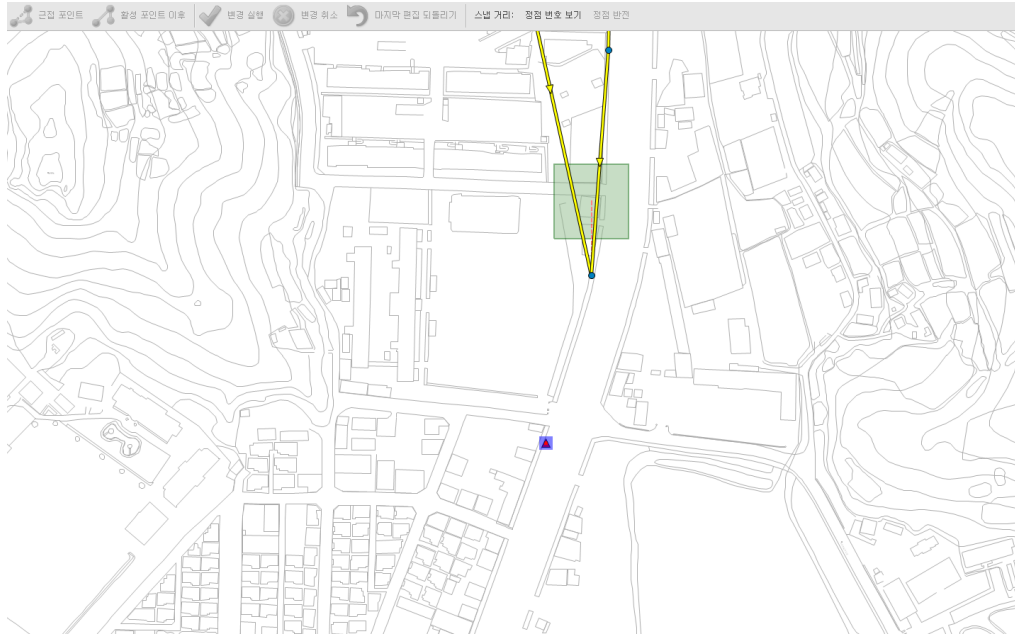
PCSWMM										
소유역										
	이름	X 좌표	Y 좌표	태그	강/채	구배	면적 (ha)	너비 (m)	흐름 깊이(m)	구배 (%)
▶	SUB_NMB01_A	145668.066	145400.883	+	NMB01		1.854	50	370.8	1
	SUB_NMB02_A	145610.321	145273.299	+	NMB02		0.937	50	187.4	1
	SUB_NMB03_A	145621.305	145152.745	+	NMB03		3.531	50	706.2	1
	SUB_NMB04_A	145694.167	145025.257	+	NMB04		0.369	50	73.8	1
	SUB_NMB05_A	145748.721	145044.359	+	NMB05		1.676	50	335.2	1
	SUB_NMB06_A	145693.923	144962.109	+	NMB06		0.35	50	70	1
	SUB_NMB07_A	145770.391	144960.118	+	NMB07		0.3	50	60	1
	SUB_NMB08_A	145767.608	144804.511	+	NMB08		2.567	50	513.4	1
	SUB_NMB09_A	145726.399	144785.169	+	NMB09		2.877	50	575.4	1
	SUB_NMB10_A	145743.258	144686.064	+	NMB10		0.497	50	99.4	1
	SUB_NMB11_A	145749.147	144653.498	+	NMB11		1.383	50	276.6	1
	SUB_NMB12_A	145803.848	144403.88	+	NMB12		4	50	800	1
	SUB_TB01_A	145826.697	145017.614	+	TB01		0.769	50	153.8	1
	SUB_TB02_A	145818.399	144717.695	+	TB02		0.802	50	160.4	1
	SUB_TB03_A	145815.539	144555.334	+	TB03		0.325	50	65	1
	SUB_TB04_A	145577.925	144692.511	+	TB04		0.381	50	76.2	1

5. 우측으로 넘겨보면, 침투 기법 또한 불러졌다는 것을 확인할 수 있습니다.

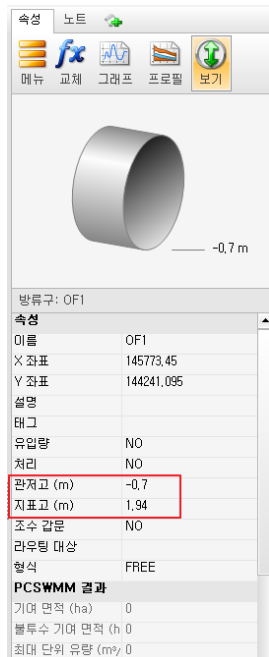
이름	침투 기법	최대 침투율 (mm/hr)	최소 침투율 (mm/hr)	강수량 (mm/hr)	건조 시간 (days)	최대 침투 깊이 (mm)
SUB_NMB01_A	HORTON	50	10	3.6	7	0
SUB_NMB02_A	HORTON	50	10	3.6	7	0
SUB_NMB03_A	HORTON	50	10	3.6	7	0
SUB_NMB04_A	HORTON	50	10	3.6	7	0
SUB_NMB05_A	HORTON	50	10	3.6	7	0
SUB_NMB06_A	HORTON	50	10	3.6	7	0
SUB_NMB07_A	HORTON	50	10	3.6	7	0
SUB_NMB08_A	HORTON	50	10	3.6	7	0
SUB_NMB09_A	HORTON	50	10	3.6	7	0
SUB_NMB10_A	HORTON	50	10	3.6	7	0
SUB_NMB11_A	HORTON	50	10	3.6	7	0
SUB_NMB12_A	HORTON	50	10	3.6	7	0
SUB_TB01_A	HORTON	50	10	3.6	7	0
SUB_TB02_A	HORTON	50	10	3.6	7	0
SUB_TB03_A	HORTON	50	10	3.6	7	0
SUB_TB04_A	HORTON	50	10	3.6	7	0

상단의 지도 패널을 클릭하여 관망을 다시 보면, 방류구가 빠져 있는 것을 볼 수 있습니다. 방류구를 넣고 관을 연결하는 법을 간단히 연습해보겠습니다.

1. 좌측 레이어 패널에서 방류구 레이어를 선택합니다.
2. 추가  버튼을 누르면, 마우스 아이콘이 바뀌는 것을 볼 수 있습니다.
3. 아래 그림을 참조하여 해당 지점을 클릭하면, 빨간색 삼각형 아이콘으로 방류구가 추가된 것을 볼 수 있습니다.

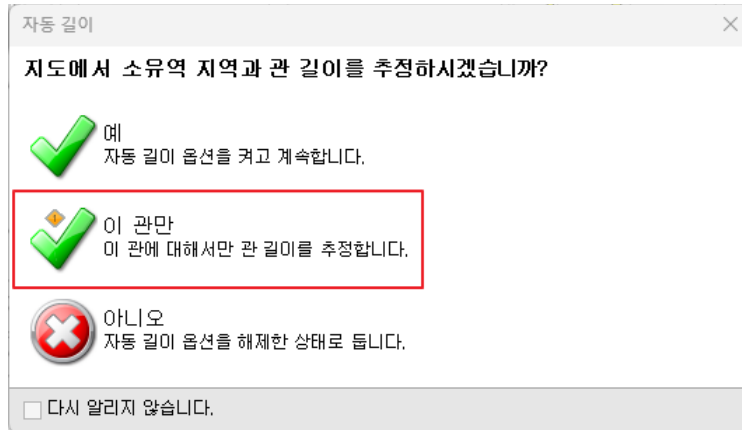


4. 우측에는 속성 패널이 나타나게 되며, 해당 속성 중 관저고에 **-0.7m**, 지표고에 **1.94m**를 입력합니다.

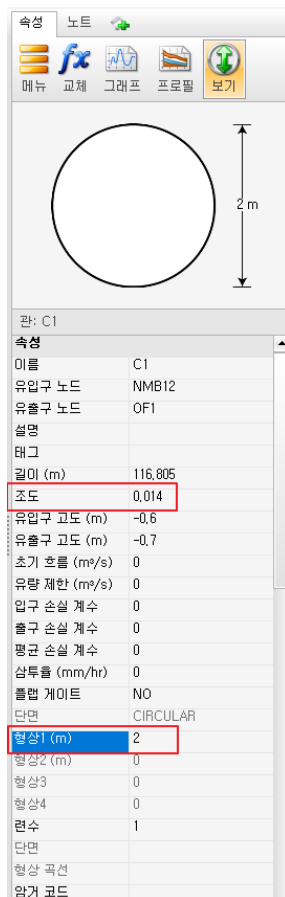


이제 방류구와 상류 절점을 연결하기 위해 관을 추가합니다.

5. 좌측 **레이어 패널**의 **관 레이어**를 선택합니다.
6. **추가**  를 누르고 상류 절점을 클릭한 뒤 방류구를 클릭합니다. 이와 같은 순서로 클릭하면 상류에서 방류구 방향으로 관 흐름 방향이 설정됩니다.
7. 자동으로 관 길이를 계산할 것인지를 묻는 창이 나타납니다.
8. **이 관만**을 선택하여 해당 관 길이를 자동으로 계산합니다.

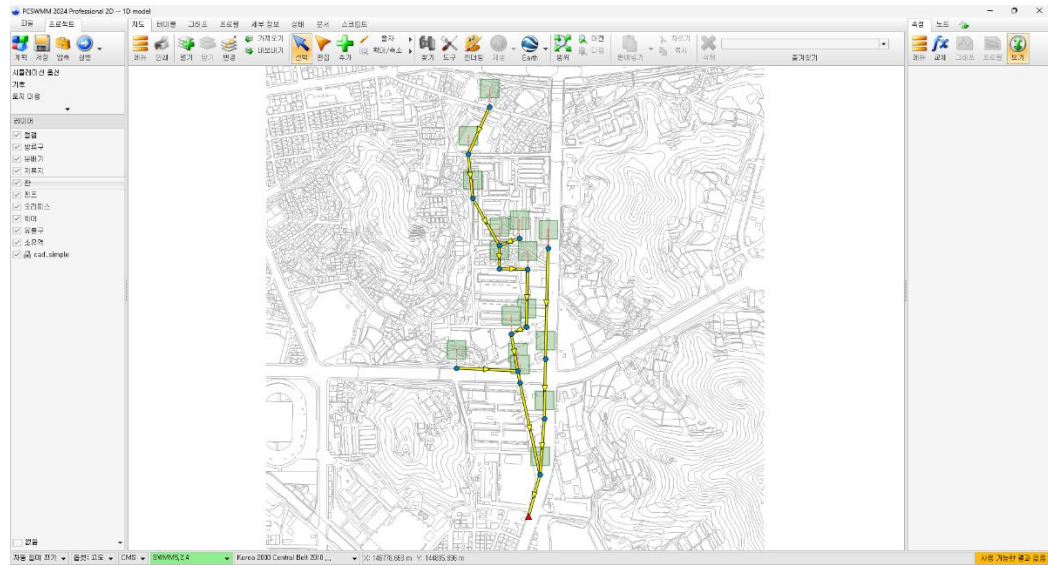


9. 길이가 자동 계산되어 **속성 패널**에 나타납니다. (방류구의 위치에 따라 조금씩 다를 수 있습니다.) 추가로 **조도 0.014**와 관 형상에서 **형상 1에 2m**를 입력해줍니다.



10. 지도 패널 상단 아이콘 중 선택  버튼을 누르면 해당 편집이 마무리됩니다.

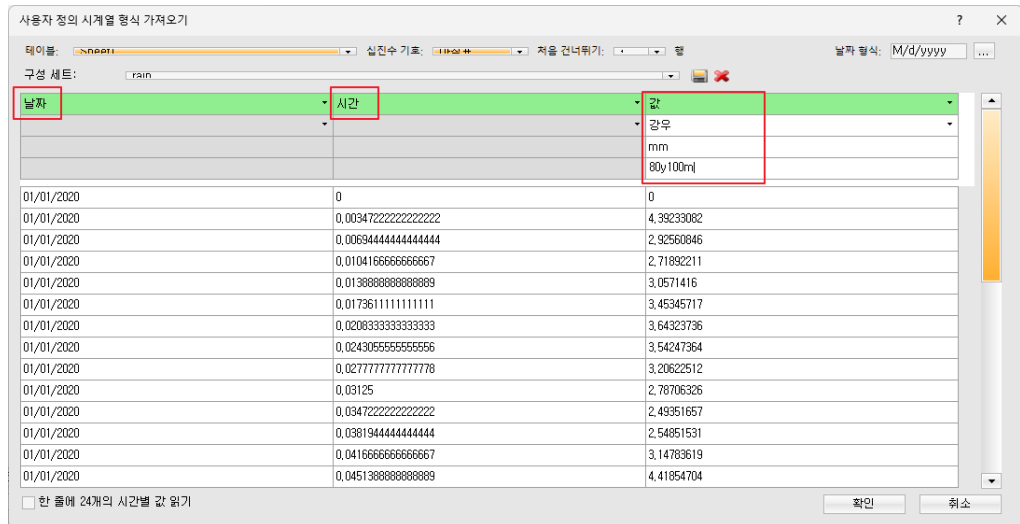
최종적으로 관망이 잘 만들어진 것을 확인할 수 있습니다.



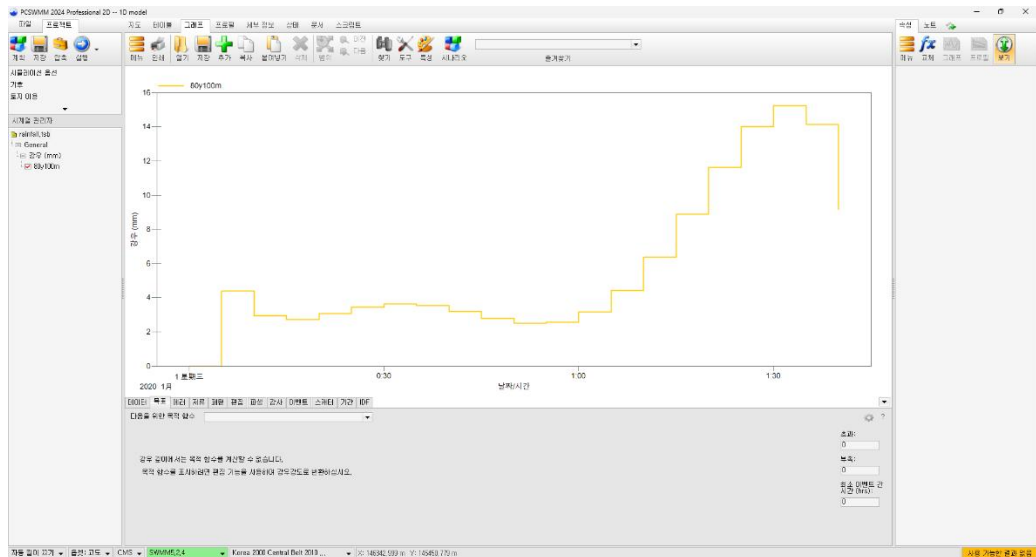
1.5 강우 입력하기

PCSWMM은 XP 파일에 있는 강우 데이터도 불러옵니다. 하지만 이번 실습에서는 엑셀 파일로 만들어진 강우 데이터를 PCSWMM으로 가져와서 입력하는 방법을 연습해보겠습니다.

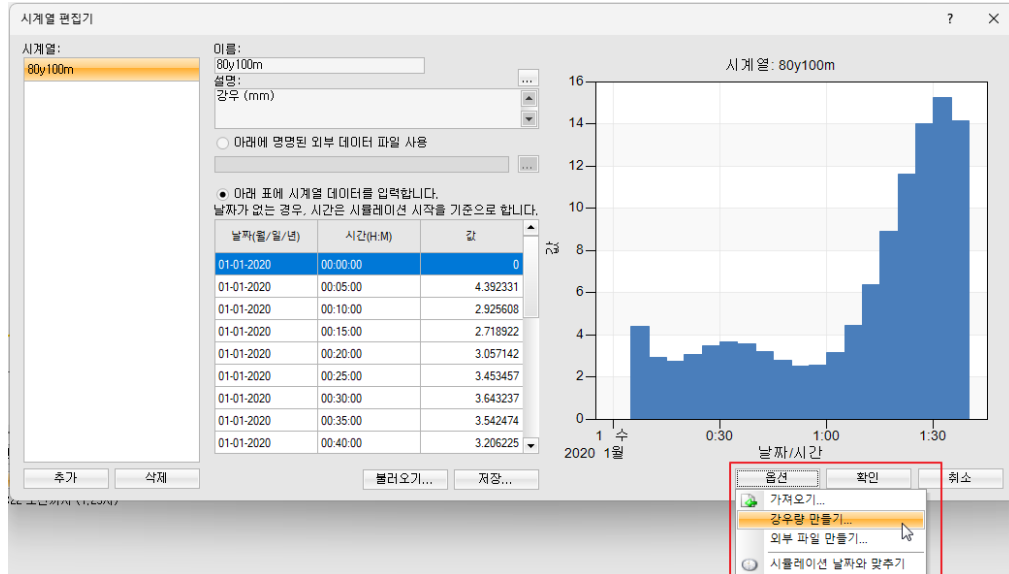
1. 상단에 **그래프 패널**을 클릭하여 들어갑니다.
2. **열기**  를 클릭하면 **시계열 열기** 대화상자가 나타납니다.
3. **Simple_Exercises\data** 폴더에 있는 **rainfall.xlsx** 파일을 선택하고 **열기**를 클릭합니다.
4. **사용자 정의 시계열 형식 가져오기** 대화 상자가 나타납니다.
5. 데이터 열에 형식들을 지정해주어야 합니다. 첫번째 열의 드롭다운에는 **날짜**를, 두번째 열의 드롭다운에는 **시간**을, 세번째 드롭다운은 **값**을 선택합니다.
6. 세번째 드롭다운에서 **값**을 선택하면, 아래에 3개의 열 형식이 생기게 됩니다.
7. **기능 입력** 드롭다운에는 **강우**를 선택하고, **단위 입력**에는 **mm**를 입력합니다. 마지막 **이름 입력**란에는 이름을 입력합니다. **80y100m**로 입력하겠습니다.



8. **확인**을 누르면, 데이터를 저장할 것인지를 묻는 창이 나타납니다. **예**를 선택하고 기본 이름으로 저장합니다.



9. 상단의 메뉴 를 클릭하고 **시계열 편집기에 추가**를 선택하면, **시계열 편집기**에 해당 강우가 입력되어 나오는 것을 볼 수 있습니다.
10. **시계열 편집기** 아래에 **옵션**을 선택하고 **강수량 만들기...**를 클릭하면 **강우 형식 설정 대화상자**가 나타납니다.



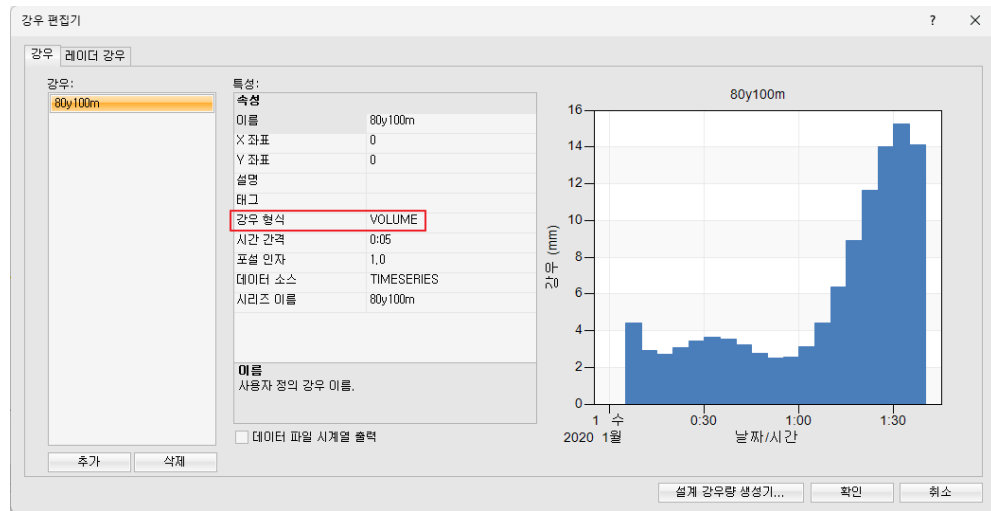
11. 강우 형식 드롭다운 메뉴에서 강도를 부피로 바꾸고 확인을 클릭합니다.

12. 나타나는 보고서 창을 닫습니다.
13. 다시 시계열 편집기의 아래 옵션에서 시뮬레이션 날짜와 맞추기 버튼을 선택하면, 시뮬레이션 시간과 간편하게 맞출 수 있습니다. (아래 창은 자동으로 나타나지 않습니다. 좌측 프로젝트 탭의 시뮬레이션 옵션 창에서 확인이 가능합니다.)

14. 시계열 편집기 창을 닫고, 좌측 프로젝트 패널에 강우를 클릭하여 강우 편집기 대화상자를

입니다.

- 해당 강우 형식이 **VOLUME (부피)**로, 그래프의 y축이 **mm**로 되어 있는 것을 확인합니다.



이제 소유역에 해당 강우를 적용해주어야 합니다

- 다시 지도 패널로 이동하여 레이어 패널에서 소유역 레이어를 선택합니다.
- Ctrl + A** 키를 눌러 모든 소유역을 선택합니다.
- 우측 속성 패널에서 강우를 클릭하면 끝에 드롭다운이 나타납니다.
- 드롭다운에서 앞서 입력한 **80y100m** 강우계를 선택합니다.

1.6 실행 및 결과 보기

이제 1D 모델을 실행할 차례입니다.

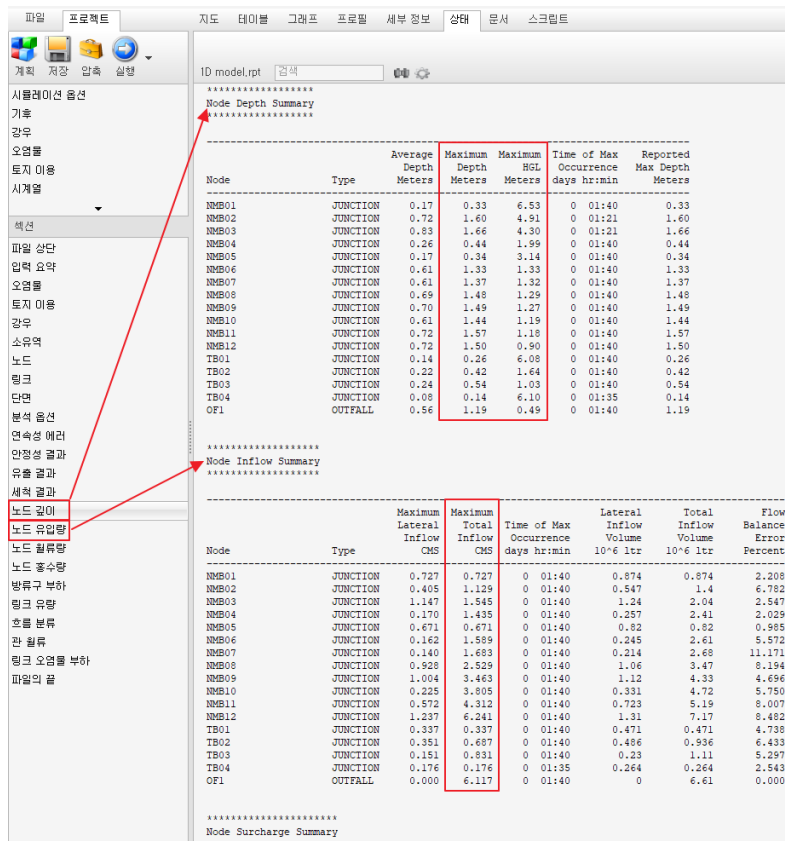
1. 상단의 실행  을 클릭합니다.

모델이 성공적으로 실행되면 화면 오른쪽 하단에 연속성 오류가 표시됩니다.

홍수량	유출: -1%	라우팅: -0.5	최신 결과
-----	---------	-----------	-------

이 값은 오류 크기에 따라 녹색에서 빨간색으로 렌더링 됩니다. 일반적으로 유출 및 라우팅 오류가 1% 미만임을 나타내는 녹색이 되는 것이 좋습니다. 또한 지표 침수(보통 크기가 작은 관에서 발생)를 나타내는 홍수 경고가 표시될 수도 있습니다. 상태 패널에서 상태 보고서를 보려면 하단 상태 표시줄에 있는 유출 또는 라우팅 오류 상자를 클릭하십시오 (또는 상태 탭을 클릭하고 연속성 오류 섹션을 선택하십시오).

2. 상태 보고서에서 값이 합리적인지 확인합니다. 상태 보고서에서는 다양한 결과를 볼 수 있습니다. 하단 그림처럼 노드의 최대 깊이, 최대 유량을 확인할 수도 있고, 좌측 섹션 패널에서 보고 싶은 부분을 클릭하면 노드 월류량, 노드 홍수량, 링크 유량 등 다양한 정보들을 확인할 수 있습니다. 드래그하여 간편하게 복사하고 붙여넣기도 가능합니다.



Node Depth Summary

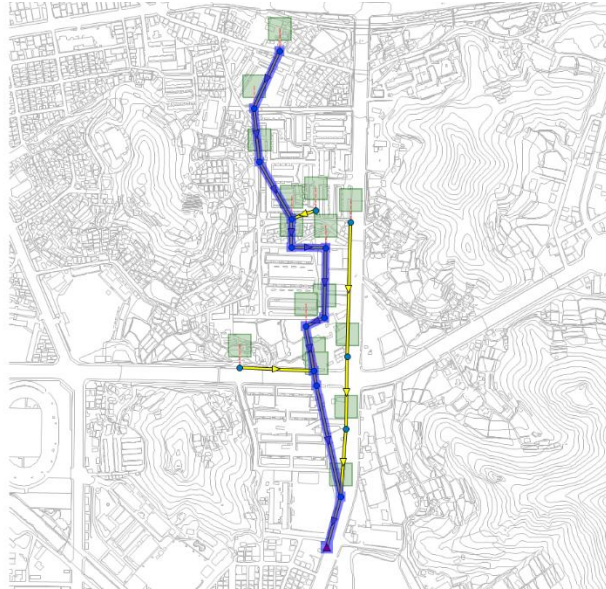
Node	Type	Average Depth Meters	Maximum Depth Meters	Maximum HGL Meters	Time of Max Occurrence days hr:min	Reported Max Depth Meters
NMB01	JUNCTION	0.17	0.33	6.53	0 01:40	0.33
NMB02	JUNCTION	0.72	1.60	4.91	0 01:21	1.60
NMB03	JUNCTION	0.83	1.66	4.30	0 01:21	1.66
NMB04	JUNCTION	0.26	0.44	1.99	0 01:40	0.44
NMB05	JUNCTION	0.17	0.34	3.14	0 01:40	0.34
NMB06	JUNCTION	0.61	1.33	1.33	0 01:40	1.33
NMB07	JUNCTION	0.61	1.37	1.32	0 01:40	1.37
NMB08	JUNCTION	0.69	1.48	1.29	0 01:40	1.48
NMB09	JUNCTION	0.70	1.49	1.27	0 01:40	1.49
NMB10	JUNCTION	0.61	1.44	1.19	0 01:40	1.44
NMB11	JUNCTION	0.72	1.57	1.18	0 01:40	1.57
NMB12	JUNCTION	0.72	1.50	0.90	0 01:40	1.50
TB01	JUNCTION	0.14	0.26	6.08	0 01:40	0.26
TB02	JUNCTION	0.22	0.42	1.64	0 01:40	0.42
TB03	JUNCTION	0.24	0.54	1.03	0 01:40	0.54
TB04	JUNCTION	0.08	0.14	6.10	0 01:35	0.14
OF1	OUTFALL	0.56	1.19	0.49	0 01:40	1.19

Node Inflow Summary

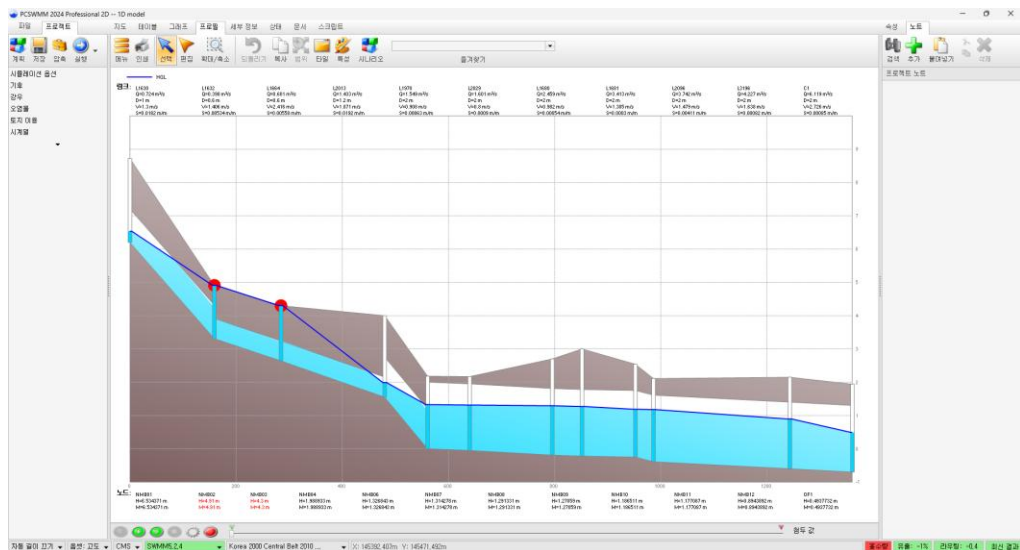
Node	Type	Maximum Lateral Inflow CMS	Maximum Total Inflow CMS	Time of Max Occurrence days hr:min	Lateral Inflow Volume 10^6 ltr	Total Inflow Volume 10^6 ltr	Flow Balance Error Percent
NMB01	JUNCTION	0.727	0.727	0 01:40	0.874	0.874	2.208
NMB02	JUNCTION	0.405	1.129	0 01:40	0.547	1.4	6.782
NMB03	JUNCTION	1.147	1.545	0 01:40	1.24	2.04	2.547
NMB04	JUNCTION	0.170	1.435	0 01:40	0.257	2.41	2.029
NMB05	JUNCTION	0.671	0.671	0 01:40	0.82	0.82	0.985
NMB06	JUNCTION	0.162	1.589	0 01:40	0.245	2.61	5.572
NMB07	JUNCTION	0.140	1.683	0 01:40	0.214	2.68	11.171
NMB08	JUNCTION	0.926	2.529	0 01:40	1.06	3.47	8.194
NMB09	JUNCTION	1.004	3.463	0 01:40	1.12	4.33	4.696
NMB10	JUNCTION	0.225	3.805	0 01:40	0.331	4.72	5.750
NMB11	JUNCTION	0.572	4.312	0 01:40	0.723	5.19	8.007
NMB12	JUNCTION	1.237	6.241	0 01:40	1.31	7.17	8.482
TB01	JUNCTION	0.337	0.337	0 01:40	0.471	0.471	4.738
TB02	JUNCTION	0.351	0.687	0 01:40	0.486	0.936	6.433
TB03	JUNCTION	0.151	0.831	0 01:40	0.23	1.11	5.297
TB04	JUNCTION	0.176	0.176	0 01:35	0.264	0.264	2.543
OF1	OUTFALL	0.000	6.117	0 01:40	0	6.61	0.000

이제 관의 종단도를 확인해보겠습니다.

3. 지도 패널에서 가장 위에 있는 절점을 클릭한 뒤, Shift 키를 누른 채 방류구를 클릭하면, 중간 관들이 모두 선택됩니다.



4. 상단 **프로필 패널**을 클릭하여 들어가면 종단도를 볼 수 있습니다.
5. 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하고 **침투 값 보기**를 클릭하면 침투 유량이 발생한 상황에서의 종단도를 확인할 수 있습니다.



NMB02, NMB03 노드에서의 범람을 확인할 수 있으며, 원인으로서는 월류가 발생하는 구간의 통수능 부족(원형관으로 설계) 및 상류부 급경사에 의해 동수 경사선이 높게 형성되어 나타나는 일시적인 현상 등 여러 가지 경우를 예상할 수 있겠습니다.

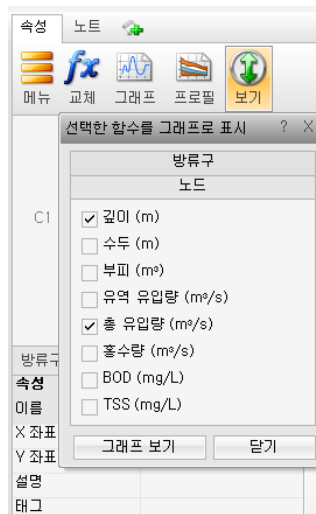
6. 하단의 **재생**  버튼을 클릭하면 애니메이션을 확인할 수 있습니다. **비디오 녹화**  버튼을 누르면 애니메이션을 녹화하여 저장할 수도 있습니다.

SWMM5 모델 출력에 익숙해지려면 **상태 패널**에서 결과 테이블을 살펴보고, **지도 패널**에서 개체의 결과 속성을 검사하고, **그래프 패널**에서 SWMM이 생성한 다른 시계열을 살펴보는 것이 좋습니다.

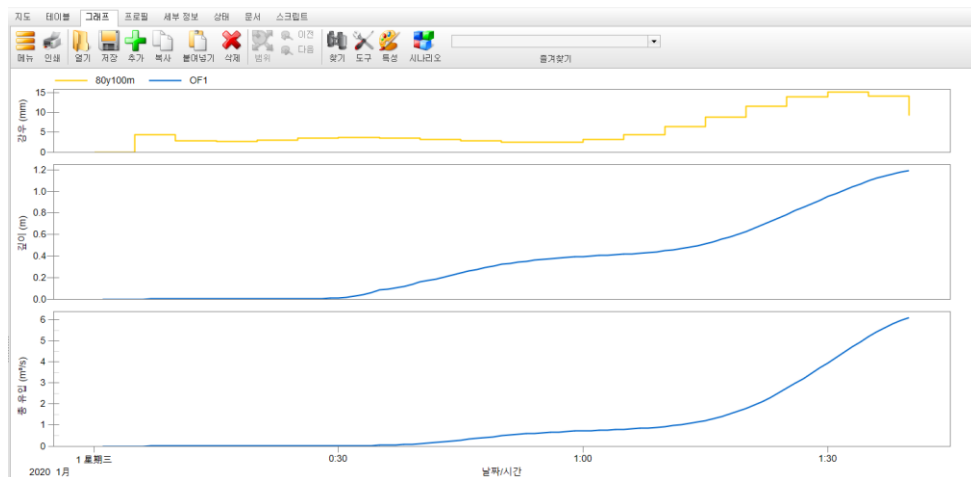
일례로 방류구의 수문곡선을 보고 싶다면,

7. **지도 패널**에서 방류구를 선택합니다.

8. 우측 속성 패널에서 그래프  를 클릭하면 다양한 데이터들이 나옵니다. 원하는 데이터를 체크합니다.



9. 그래프 보기를 클릭하면, 다음과 같이 그래프가 나오게 됩니다.



10. 아래 데이터 탭에서 시간별 데이터를 볼 수도 있고, 목표 탭에서는 해당 데이터들의 주요 표들을 볼 수 있습니다.

데이터

목표

에러

저류지

패턴

편집

파생

감사

이벤트

스캐터

기간

IDF

다음에 위한 목적 함수

총 유입량 (m³/s)

12 31, 2019 11:55 오후부터 1 01, 2020 1:45 오전까지 (1.83시)

	OF1
최대총 유입량 (m³/s)	6.119
최소총 유입량 (m³/s)	0
평균총 유입량 (m³/s)	1.113
초과 기간 (h)	1.65
부족 기간 (h)	0.06667
초과 횟수	1
부족 횟수	1
초과 볼륨 (m³)	6613
부족 볼륨 (m³)	0
합계총 유입량 (m³)	6613

11. 좌측 **시계열 관리자 패널**에서 다른 절점을 선택하거나, 트리를 확장하여 다른 데이터들을 선택하면서 그래프를 확인해보시기 바랍니다. 해당 그래프를 내보내고 싶다면, 상단 **메뉴** 를 클릭하고 **이미지 내보내기...**를 사용해보시기 바랍니다.

또한 더 많은 절점, 관 및 소유역을 추가하여 시뮬레이션을 진행할 수 있을 뿐만 아니라 다양한 소유역 속성을 조정하고 모델을 다시 실행할 수도 있습니다.

완료 파일: Simple_Exercises > solution > 1D model.pcz

2 2D 해석

이제 2D 해석을 연습할 차례입니다. 1D 모델은 XPSWMM 을 비롯하여 대부분의 분석 프로그램에서 동일한 SWMM 엔진을 사용하기 때문에 불러올 수도 있고 결과 역시 유사합니다. 그러나, 2D 모델은 XPSWMM으로 작성된 파일이라 해도, 해석 엔진이 프로그램마다 달라서 불러올 수 없으며 사실 불러 오지 않아도 새로 작성하는데 큰 노력이 들지는 않습니다. 다만, 2D 분석을 위한 기초 자료, 특히 DEM, DTM 등의 표고값을 가진 수치 지도는 반드시 있어야 합니다.

이 실습에서는 2D 해석에 필요한 데이터를 불러오고 메쉬를 생성하고 해석 결과를 확인할 것입니다.

2.1 2D 해석에 필요한 데이터 작업

먼저 앞서 완성한 1D 파일을 2D 작업을 위해 **새 이름으로 저장**  을 클릭합니다.

1. **파일** 탭에서 **새 이름으로 저장**  을 클릭합니다.
2. **Simple_Exercises\ex_1** 폴더로 들어갑니다.
3. 파일 이름에 **2D model**이라고 입력하고 **저장** 버튼을 클릭합니다.

앞서 1D 로 완성한 모델에서 2D 해석을 위해서는 여러 가지 데이터들이 필요합니다.

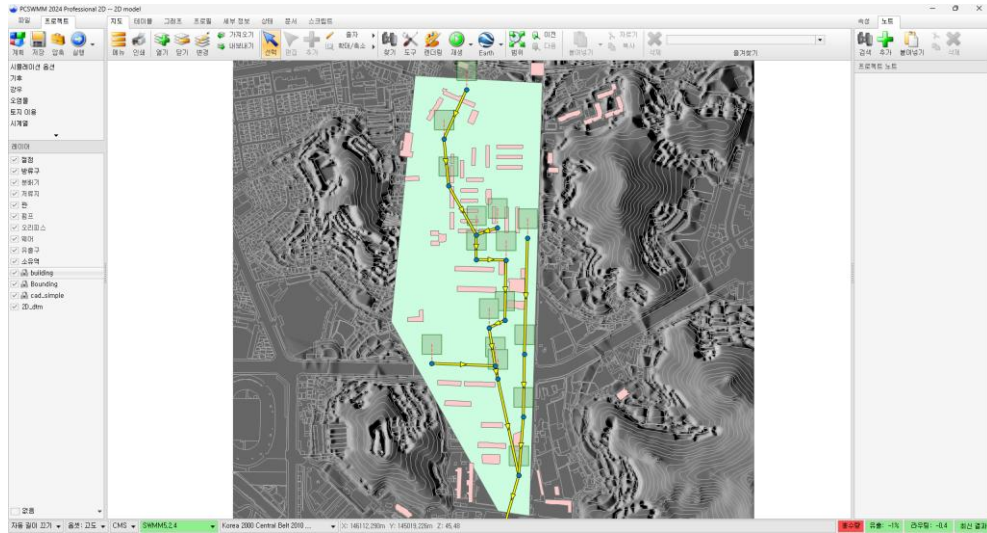
필수적인 레이어는 경계 레이어, 2D 노드 레이어입니다. 2D 해석을 위한 경계와 2D 노드를 생성하려면 새로운 파일 레이어를 만들어야 합니다. 이번 예제에서는 경계를 위해 준비된 폴리곤을 불러와서 사용하겠습니다. 하지만 보통 2D 해석을 위한 경계는 직접 폴리곤으로 그려야 합니다. 경계 레이어를 새롭게 만든 뒤 **추가**  버튼을 클릭하고 점을 하나씩 찍으면서 폴리곤을 만들 수 있습니다. 해당 부분은 따로 연습해보시기 바랍니다.

그에 더해 DEM 레이어, 지장물 레이어를 추가하여 더 정확한 조건으로 해석을 할 수 있습니다.

먼저 경계 레이어로 사용할 경계 폴리곤 데이터와 DEM 레이어로 사용할 DEM 데이터, 지장물 레이어로 사용할 Building 데이터를 불러오겠습니다.

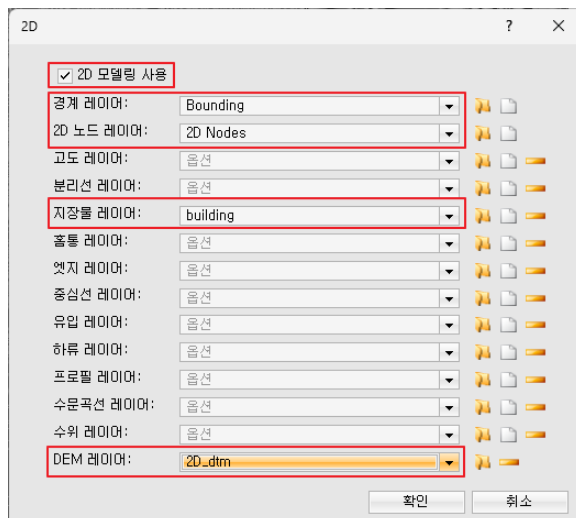
4. 아래의 과정을 진행합니다.
 - a. **지도 패널**에서 **열기**  버튼을 클릭한 뒤, 우측 상단의 **열기**  버튼을 클릭합니다.
 - b. **Simple_Exercises\data** 폴더를 찾습니다.
 - c. **Ctrl** 키를 누르고, **2D_dtm.asc**, **Bounding.shp**, **building.shp** 를 선택합니다.

- d. 열기 버튼을 클릭하여 선택한 레이어를 열어줍니다. 좌표계 설정 창이 나타나면, **Korea 2000 Central Belt 2010 (5186)**을 클릭합니다.



이제 2D 모델링을 활성화하고 2D 레이어를 정의합니다.

5. 파일 탭을 클릭하고 아래에 있는 **2D** 버튼을 클릭합니다.
6. 2D 대화상자에서 **2D 모델링 사용** 체크 박스를 선택합니다.
7. **경계 레이어** 드롭다운 메뉴에서 이전에 열린 **Bounding** 레이어를 선택합니다.
8. **2D 노드 레이어**는 새로 만들어주어야 하므로, **새로** 버튼을 클릭합니다.
9. **Simple_Exercises\ex_1** 폴더에 **2D Nodes**를 기본 이름으로 두고 **저장**을 누릅니다.
10. **지장물 레이어** 드롭다운 메뉴에서 이전에 열린 **building** 레이어를 선택합니다.
11. **DEM 레이어** 드롭다운 메뉴에서 DEM 파일 **2D_dtm**을 선택합니다.
12. **확인**을 클릭하여 2D 설정에 대한 변경 사항을 저장하고 **2D** 편집기를 닫습니다. 일부 필드가 빠졌다는 창이 나타나면 **예**를 클릭하여 필드를 만들어줍니다.



참고: 2D 모델에는 최대 14 개의 레이어를 사용할 수 있습니다. PCSWMM 의 2D 레이어에 대한 자세한 내용은 해당 창의 우측 상단 ? 를 클릭하여 도움말 페이지에서 찾아볼 수 있습니다.

경계 레이어의 정보를 살펴볼 수 있습니다. 먼저 **Bounding** 옆의 잠금 버튼을 해제해줍니다.

13. 좌측 레이어 패널에서 **Bounding** 앞에 있는 자물쇠  버튼을 누르면, 배경 레이어 잠금 해제 대화 상자가 열립니다.
14. 레이어 잠금 해제를 선택합니다.
15. 해당 폴리곤을 선택하면 우측에 속성 패널이 나타나게 됩니다.

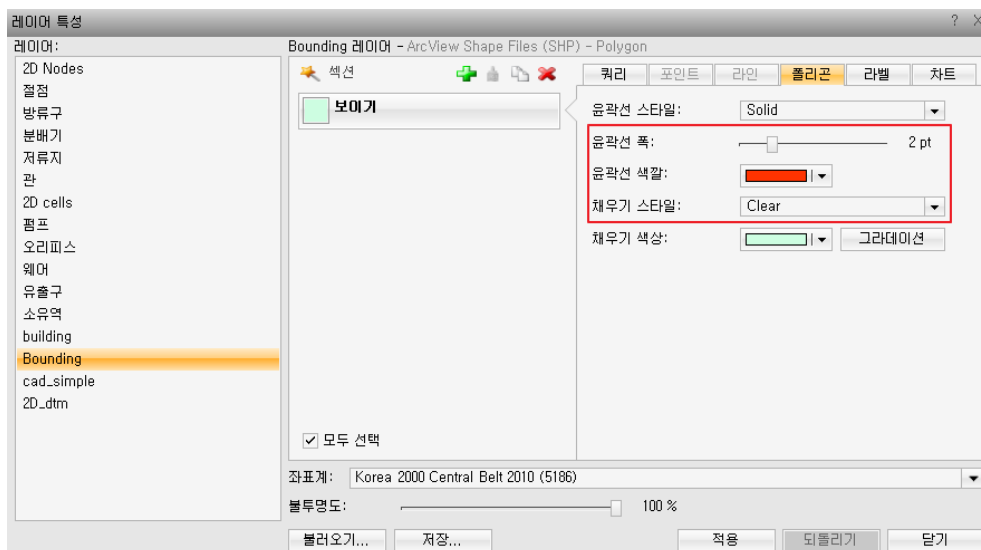


The image shows the 'Bounding' layer properties panel. It has a '속성' (Properties) tab selected. The panel is divided into two sections: '속성' (Properties) and '형상' (Shape). The '속성' section includes fields for '스타일' (Style) set to 'Hexagonal', '각도 (deg)' (Angle) set to 0, '해상도 (m)' (Resolution) set to 10, '샘플링 계수' (Sampling factor) set to 3, '거리 허용오차 (m)' (Distance tolerance) set to 0, '고도 허용오차 (m)' (Elevation tolerance) set to 0, '조도' (Slope) set to 0.014, '삼투율 (mm/hr)' (Permeability) set to 0, and '오프셋' (Offset) set to 'No'. The '형상' section includes fields for 'UID' set to 1, '계수' (Coefficient) set to 1, '정점' (Vertex) set to 6, '부분' (Part) set to 1, '면적 (m²)' (Area) set to 332425.8, and '면적 (ha)' (Area) set to 33.2426.

필요하다면 메쉬 스타일, 각도, 해상도, 조도 등을 바꿀 수 있습니다. 해상도는 생성할 포인트 사이의 거리를 의미합니다. 이 예제에서는 그대로 두겠습니다.

다만 색이 채워져 있으므로 **렌더링**  옵션을 통해 변경해보겠습니다.

16. 상단의 **렌더링**  에 들어가서 아래 그림과 같이 설정하고 **적용**을 클릭하여 마칩니다.

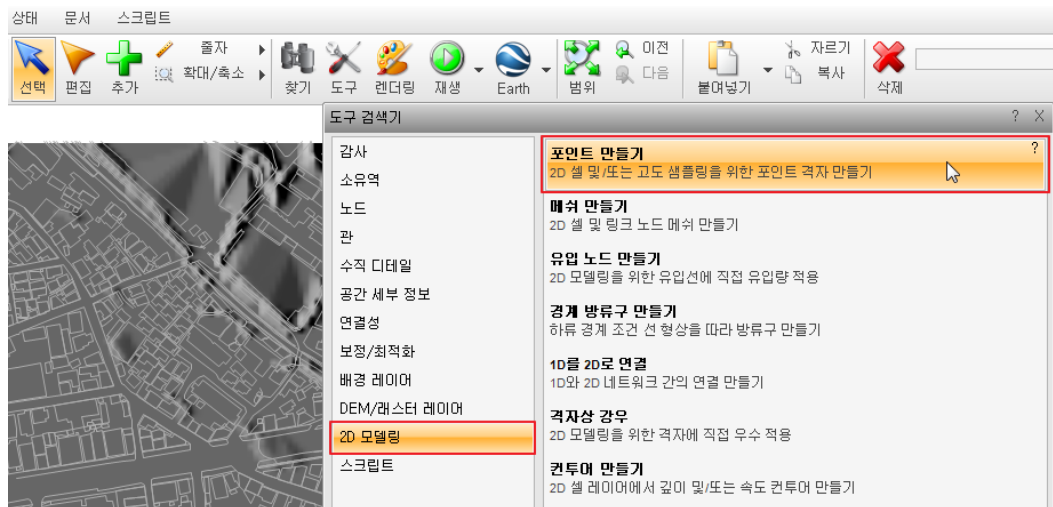


The image shows the '레이어 특성' (Layer Properties) dialog box. The 'Bounding' layer is selected in the left pane. The right pane shows the '폴리곤' (Polygon) tab. The '윤곽선 스타일' (Outline style) is set to 'Solid'. The '윤곽선 폭' (Outline width) is set to 2 pt. The '윤곽선 색상' (Outline color) is set to red. The '채우기 스타일' (Fill style) is set to 'Clear'. The '채우기 색상' (Fill color) is set to green. The '적용' (Apply) button is highlighted.

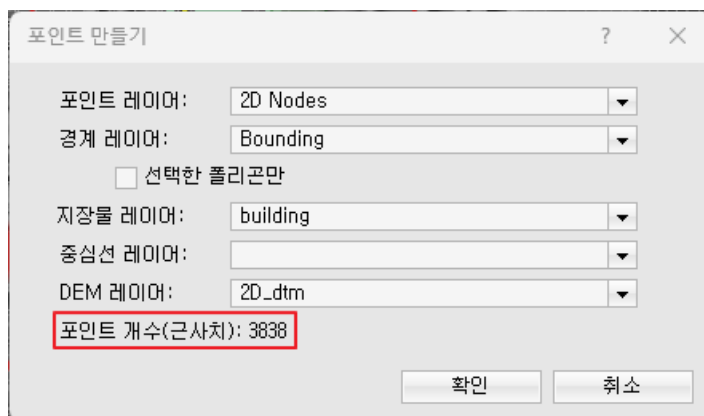
2.2 2D 노드 레이어에 포인트 생성

이제 메쉬를 생성하는 데 사용할 중심점을 생성할 수 있습니다. 이러한 포인트는 **2D 노드** 레이어에 생성됩니다.

1. 지도 패널에서 도구  버튼을 클릭합니다.
2. 도구 카테고리 목록에서 **2D 모델링**을 선택합니다.
3. 2D 모델링 목록에서 **포인트 만들기** 도구를 선택합니다.



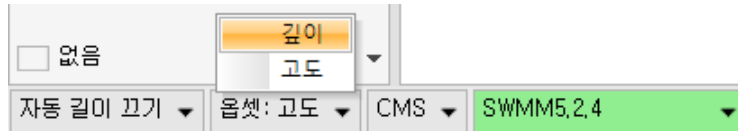
4. **포인트 (2D 노드), 경계, 지장물 및 DEM** 레이어가 정상적으로 선택되어 있는지 확인합니다. 예상 포인트 수가 **포인트 만들기** 창 하단에 표시됩니다. (아래의 근사치는 경계 폴리곤 크기에 따라 다를 수 있습니다.)



5. **확인**을 클릭하여 포인트를 생성합니다. 포인트를 생성한 후 포인트를 볼 수 없는 경우 **레이어 패널**에서 **2D Nodes** 레이어 토글을 켭니다.

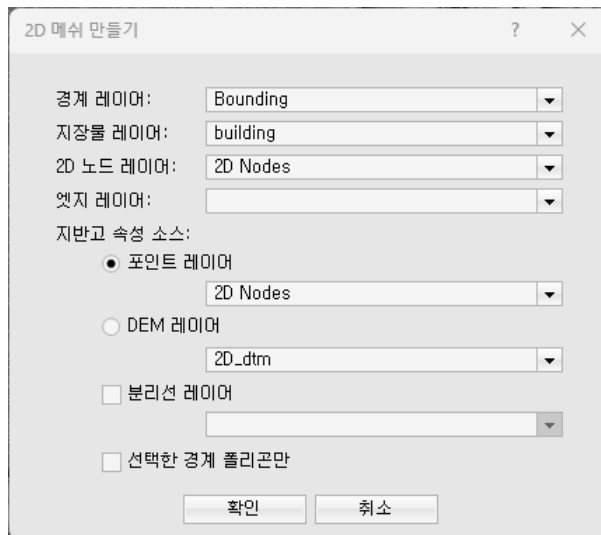
2.3 2D 지표 메쉬 생성

이제 2D 셀에 대한 점을 설정했으므로 2D 메시를 생성할 수 있습니다. 하단 상태창에 읍셋이 **고도**로 되어 있다면, 드롭 다운을 선택하고 **깊이**로 변경하고 나타나는 **읍셋 설정** 창에서 **변환**을 클릭합니다.



2D 메시를 생성하겠습니다.

1. **지도 패널**에서 **도구**  버튼을 클릭하고 2D 모델링을 선택합니다.
2. 2D 모델링 하위 메뉴에서 **메쉬 만들기**를 선택하여 **2D 메쉬 만들기** 대화 상자를 엽니다.
3. **경계, 지장물, 2D 노드 레이어** 드롭박스에 해당 레이어들이 정상적으로 선택되어 있는지 확인합니다. 지반고 속성은 2D Nodes 포인트 레이어에서 가져올 것입니다.

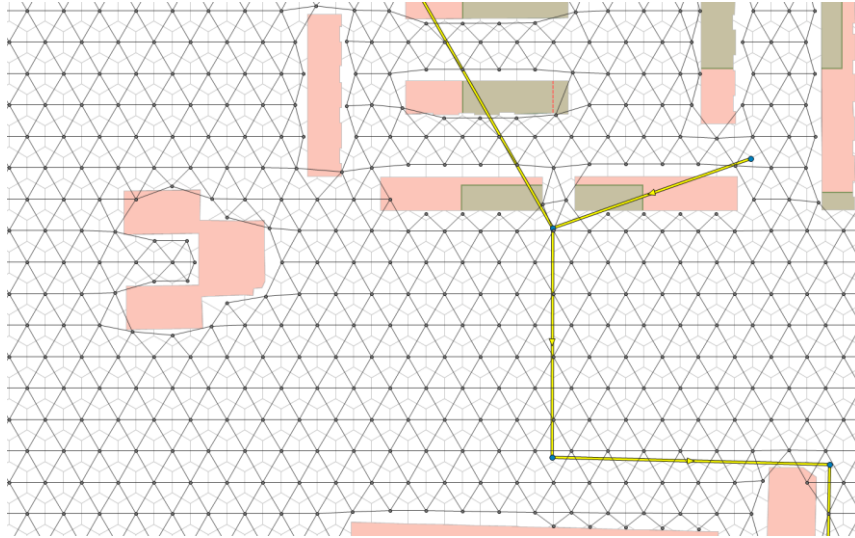


4. **확인**을 클릭하여 메시를 생성합니다.

이제 PCSWMM 이 자동으로 2D 메시를 생성합니다.

메쉬 생성이 완료되면 보고서가 나타납니다. 보고서를 읽고 나면 보고서를 닫을 수 있습니다. 메쉬 생성 후 2D 메쉬가 렌더링 되어 메쉬의 링크와 노드뿐만 아니라 셀도 표시됩니다.

5. **레이어 패널**에서 **2D Nodes 레이어**를 선택 취소하여 숨깁니다 (더 이상 필요하지 않음).

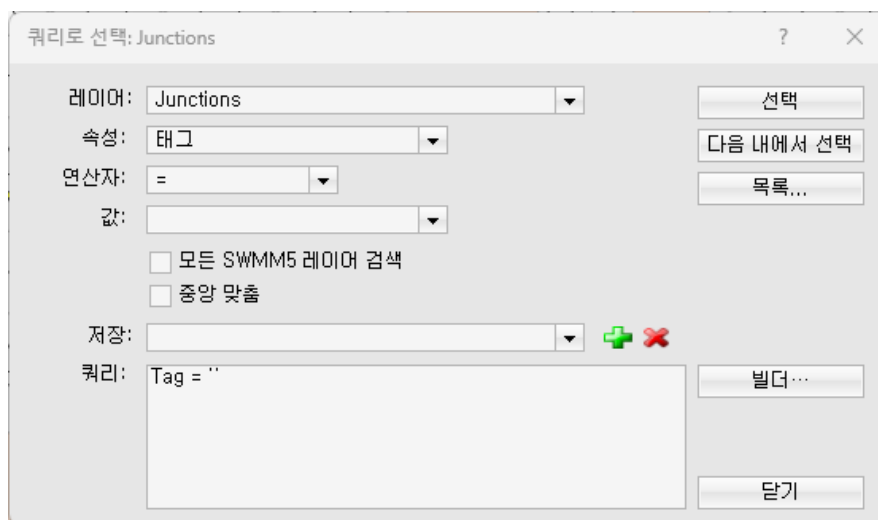


6. 저장  버튼을 클릭하여 프로젝트를 저장합니다.

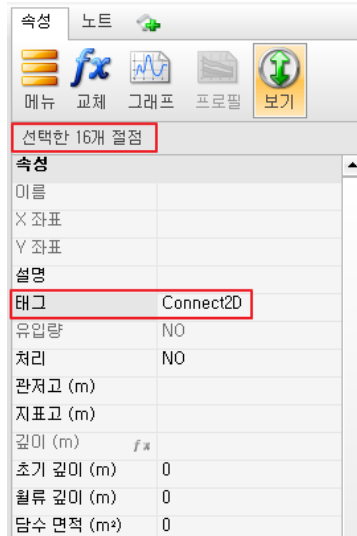
2.4 1D와 2D 연결하기

다음 단계는 모델의 1D 부분을 2D 지표 메쉬에 연결하는 것입니다. 이렇게 하려면 절점의 태그에 **Connect2D**를 입력해주어야 합니다.

1. 상단의 찾기 를 클릭한 뒤 쿼리로 선택을 클릭하여 쿼리로 선택 대화 상자를 열어줍니다.
2. 레이어에 **Junctions**를 선택하고 속성 드롭다운 메뉴에서 태그를 선택합니다. 연산자는 = 로 선택하고 값은 비워둡니다.

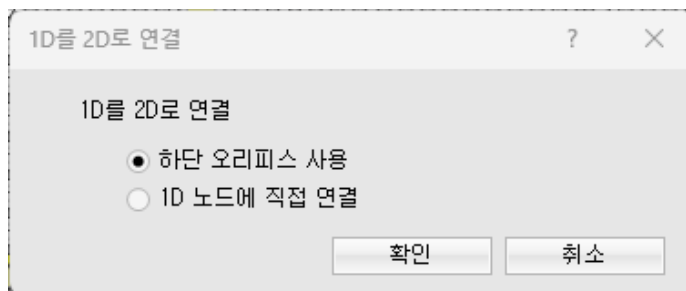


3. 선택을 클릭하면 우측 속성 패널이 나타나는 것을 볼 수 있습니다. 선택한 16개 절점이 표시되어야 합니다.
4. 이 속성 패널의 태그에 **Connect2D**를 입력하고 엔터를 누릅니다.



이제 1D와 2D를 연결합니다.

5. 도구  버튼을 클릭하고 도구 옵션 목록에서 **2D 모델링**을 선택한 다음 **1D를 2D로 연결**을 선택합니다.
6. 하단 오리피스 사용을 선택하고 **확인**을 클릭합니다.



7. 16개의 오리피스가 추가되었다는 안내 창이 나타날 것입니다. **확인**을 클릭하여 닫아줍니다.

2.5 실행 및 결과 보기

이제 2D 모델을 실행하고 결과를 확인하겠습니다. 먼저 시뮬레이션 옵션을 설정하겠습니다.

1. **프로젝트 패널**에서 **시뮬레이션 옵션** 항목을 클릭하여 **시뮬레이션 옵션** 창을 열어줍니다.
2. **날짜** 탭을 선택하여 **지속시간**에 **2.5**를 입력합니다.

시뮬레이션 옵션

일반
날짜
 시간격
 동역학파
 파일
 보고서
 이벤트

분석 시작: 01/01/2020 0:00:00
 보고 시작: 01/01/2020 0:00:00
 분석 마침: 01/01/2020 2:30:00
 청소 시작: 01/01
 청소 마침: 12/31
 선행 건기일: 0
 시계열에서 시뮬레이션 기간 설정: [Dropdown]

동기화 ☒
 지속시간 (h): 2.5

확인 취소

3. 시간격 탭에서는 라우팅에 0.5초를 입력합니다.

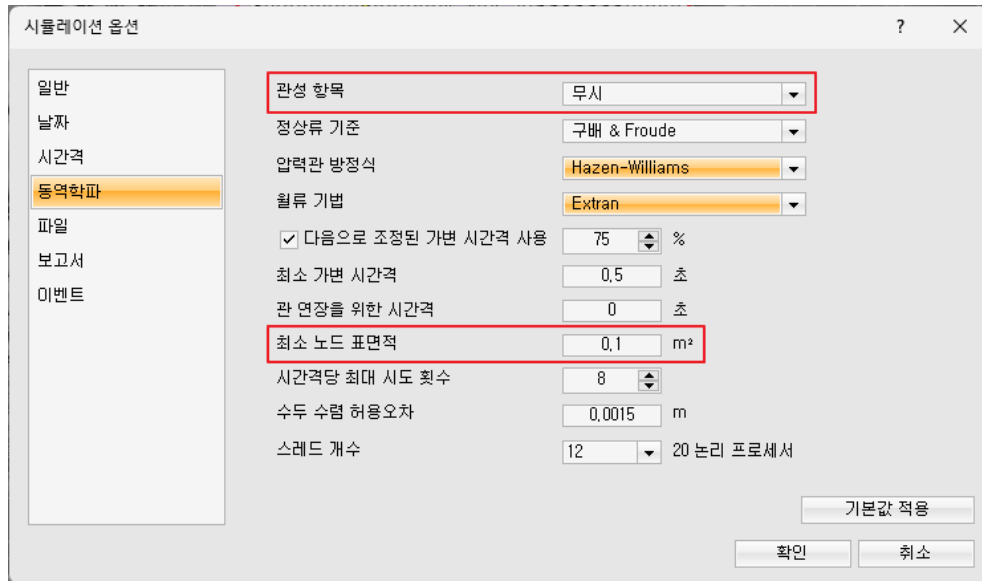
시뮬레이션 옵션

일반
날짜
시간격
 동역학파
 파일
 보고서
 이벤트

보고: 0 0:01:00
 유출: 건기시: 0 0:05:00
 유출: 우기: 0 0:05:00
 제어 규칙: 0:00:00
 라우팅: 0.5 초
☐ 정상류 기간 건너뛰기
 시스템 유량 허용 오차: 5 %
 측면 유량 허용 오차: 5 %

확인 취소

4. 다음으로, 동역학파 탭을 선택합니다.
5. 관성 항목 옵션을 무시로 설정하고, 최소 노드 표면적에 0.1을 입력합니다.



6. **확인** 버튼을 클릭하여 **시뮬레이션 옵션** 편집기를 닫습니다.

시뮬레이션 옵션을 위와 같이 설정하면 연속성 오류가 줄어들고 침수 범위에 대한 보다 합리적인 추정할 수 있게 됩니다.

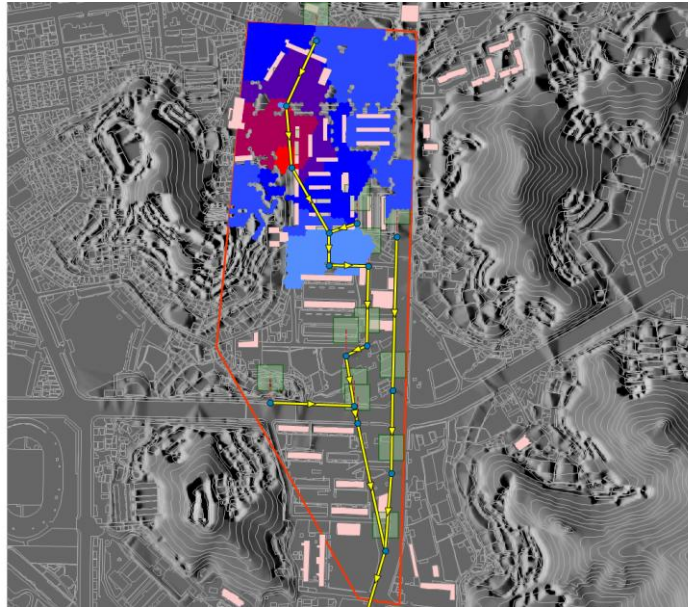
이제 모델을 실행할 준비가 되었습니다.

7. **실행**  버튼을 클릭하여 모델을 실행합니다. 2D 프로젝트 요약에 대한 창이 뜨면 **무시하고 계속**을 클릭합니다.

컴퓨터 속도에 따라 모델을 실행하는 데 시간이 걸릴 수 있습니다. **SWMM 실행** 대화 상자에 얼마나 시간이 걸리는지가 그래프와 함께 표시됩니다. 이 모델의 경우 GPU가 없는 경우 2분 전후에 계산이 끝나며 GPU가 있는 경우라면 1분 내외 소요됩니다.

2D 시뮬레이션이 완료되었습니다. 이제 침수된 셀의 최대 범위를 표시하기 위해 2D 셀을 렌더링하겠습니다.

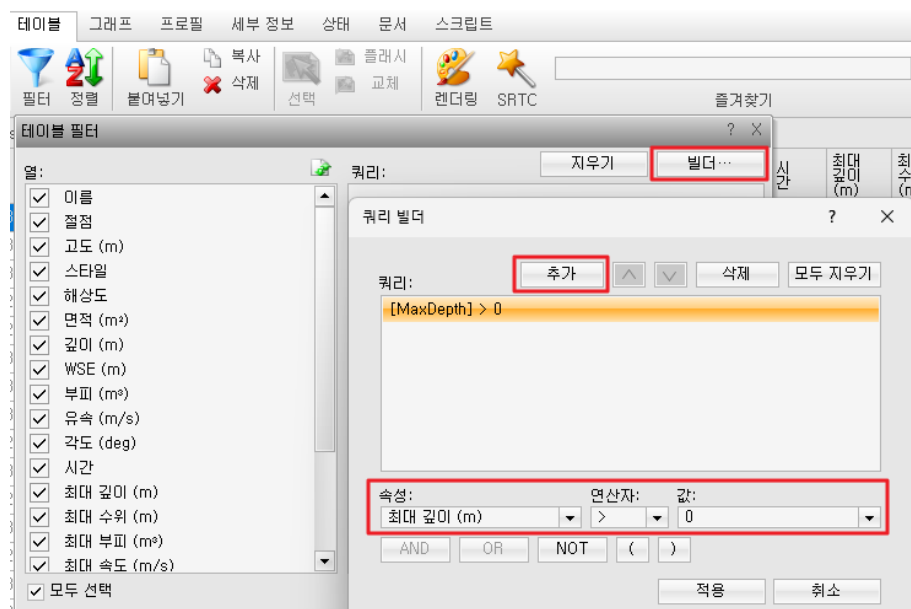
8. **도구**  버튼을 클릭하고 목록에서 **2D 모델링**을 선택합니다.
9. **2D 네트워크 렌더링**을 선택하고 **셀 최대 깊이 보기**를 선택합니다.



렌더링 옵션에서 최대 유속을 볼 수도 있고 모두 숨길 수도 있습니다.

침수 면적을 쉽게 산정할 수도 있습니다.

10. **2D cells** 레이어를 선택하고 테이블 패널을 클릭합니다. **2D cells** 레이어에 잠금  이 되어 있다면 해제해줍니다.
11. 상단의 필터  를 클릭한 뒤, 우측 상단의 빌더...를 클릭합니다.
12. 속성을 최대 깊이로, 연산자는 > 로, 값은 0으로 선택한 뒤 추가를 클릭합니다. 즉 최대 깊이가 0보다 큰, 침수가 조금이라도 발생한 데이터로 정리하는 것입니다.



13. 적용을 두 번 클릭하여 창을 닫으면, 최대 깊이가 0보다 큰 데이터들만 나타나게 됩니다.

14. 면적을 클릭하면 해당 데이터가 모두 선택되며, 아래 상태바에서 전체 침수 면적을 확인할 수 있습니다. (참고로, 과거 다른 프로그램들에서는 결과 내보내기 등을 통해 엑셀 수식으로 침수된 셀 개수와 개별 면적을 계산하여 확인할 수 있었습니다)

2D cells

[MaxDepth] > 0

이름	좌표	고도 (m)	스타일	해상도	면적 (m ²)	깊이 (m)	WSE (m)	부피 (m ³)	유속 (m/s)	각도 (deg)	시간	최대 깊이 (m)	최대 수위 (m)	최대 부피 (m ³)	최대 속도 (m/s)
SJ1955	J1955	0	Hexagonal	10	86,612	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,866	0,02
SJ1956	J1956	0	Hexagonal	10	86,706	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,867	0,04
SJ1957	J1957	0	Hexagonal	10	86,853	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,869	0,04
SJ1920	J1920	0	Hexagonal	10	86,612	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,866	0,05
SJ1921	J1921	0	Hexagonal	10	86,671	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,867	0,06
SJ1922	J1922	0	Hexagonal	10	87,857	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,879	0,05
SJ1923	J1923	0	Hexagonal	10	76,895	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,769	0,06
SJ1894	J1894	0	Hexagonal	10	86,642	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,866	0,05
SJ1895	J1895	0	Hexagonal	10	87,37	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,874	0,06
SJ1896	J1896	0	Hexagonal	10	78,379	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,784	0,07
SJ1869	J1869	0	Hexagonal	10	79,262	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,793	0,03
SJ1868	J1868	0	Hexagonal	10	79,951	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,8	0,02
SJ1860	J1860	0	Hexagonal	10	76,153	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,762	0,06
SJ1861	J1861	0	Hexagonal	10	65,161	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,652	0,03
SJ1862	J1862	0	Hexagonal	10	68,095	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,681	0,01
SJ1863	J1863	0	Hexagonal	10	70,136	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,701	0,02
SJ1864	J1864	0	Hexagonal	10	72,1	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,721	0
SJ1867	J1867	0	Hexagonal	10	77,962	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,78	0,01
SJ1858	J1858	0	Hexagonal	10	86,682	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,867	0,06
SJ1859	J1859	0	Hexagonal	10	87,662	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,877	0,06
SJ1870	J1870	0	Hexagonal	10	85,126	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,851	0,05
SJ1871	J1871	0	Hexagonal	10	76,201	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,762	0,05
SJ1833	J1833	0	Hexagonal	10	83,56	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,836	0,04
SJ1834	J1834	0	Hexagonal	10	51,6	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,516	0,01
SJ1820	J1820	0	Hexagonal	10	86,612	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,866	0,03
SJ1821	J1821	0	Hexagonal	10	86,725	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,867	0,06
SJ1822	J1822	0	Hexagonal	10	86,852	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,867	0,05
SJ1823	J1823	0	Hexagonal	10	87,935	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,879	0,05
SJ1824	J1824	0	Hexagonal	10	89,325	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,893	0,05
SJ1825	J1825	0	Hexagonal	10	90,141	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,901	0,05
SJ1826	J1826	0	Hexagonal	10	90,824	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,908	0,06
SJ1827	J1827	0	Hexagonal	10	91,507	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,915	0,03
SJ1830	J1830	0	Hexagonal	10	93,632	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,936	0,05
SJ1831	J1831	0	Hexagonal	10	94,418	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,944	0,05
SJ1832	J1832	0	Hexagonal	10	92,304	0	0	0	0	0		0,01	0,01	0,923	0,04

개수: 1307 합계: 107577,015m² 평균: 82,308m² 최대: 153,33m² 최소: 27,732m²

개수: 1307 합계: 107577,015m² 평균: 82,308m² 최대: 153,33m² 최소: 27,732m²

그림에서 확인할 수 있듯, 총 1307 개의 2D 셀에서 침수가 발생했습니다. 그리고 총 침수 면적은 107577.015m², 즉 약 10.76 ha 임을 확인할 수 있습니다.

이처럼 엑셀로 복사 붙여넣기를 하지 않아도 PCSWMM 자체 테이블에서 여러 가지 데이터의 정보를 아래 상태바에서 바로 확인할 수 있습니다.

별도로 최대 깊이를 클릭하고 상단의 정렬  을 두 번 클릭하면 정렬한 테이블의 가장 상단에서 최대 침수심 즉 최대 깊이가 **0.06m** 라는 것도 볼 수 있습니다.

2D cells		[MaxDepth] > 0													
이름	계좌	고도 (m)	스타일	해상도	면적 (m ²)	깊이 (m)	WSE (m)	부피 (m ³)	유속 (m/s)	각도 (deg)	시간	최대 깊이 (m)	최대 수위 (m)	최대 부피 (m ³)	최대 속도 (m/s)
▶ SJ1062	J1062	0	Hexagonal	10	86,749	0	0	0	0	0		0.06	0.06	5,205	0.1
SJ1028	J1028	0	Hexagonal	10	76,936	0	0	0	0	0		0.06	0.06	4,616	0.6
SJ1025	J1025	0	Hexagonal	10	86,612	0	0	0	0	0		0.06	0.06	5,197	0.2
SJ1026	J1026	0	Hexagonal	10	87,068	0	0	0	0	0		0.06	0.06	5,224	0.25
SJ994	J994	0	Hexagonal	10	86,755	0	0	0	0	0		0.06	0.06	5,205	0.24

추가로 해당 침수 지도를 shp 파일로 내보낼 수 있습니다.

15. 이름 좌측에 빈 공간을 클릭하면, 전체 셀이 선택됩니다.

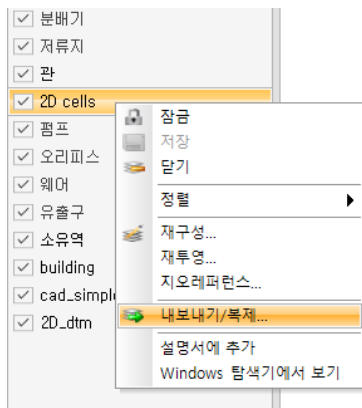
2D cells [MaxDepth] > 0 x			
이름	점번호	고도 (m)	스타일
SJ1062	J1062	0	Hexagonal
SJ1028	J1028	0	Hexagonal
SJ1025	J1025	0	Hexagonal
SJ1026	J1026	0	Hexagonal
SJ994	J994	0	Hexagonal

16. 선택한 곳을 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하여 지도에서 선택을 클릭합니다.

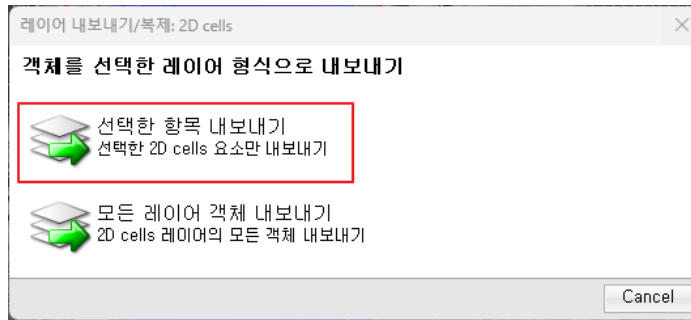
2D cells [MaxDepth] > 0 x

이름	점번호	고도 (m)	스타일	해면	면적 (m ²)	고도 (m)	WSE (m)	부피 (m ³)	유속 (m/s)	각도 (deg)	시간	최대 높이 (m)	최대 수위 (m)	최대 면적 (m ²)	최대 유속 (m/s)
SJ1062	J1062	0	Hexagonal	10	86,749	0	0	0	0	0		0.06	0.06	5,205	0.1
SJ1028	J1028	0	Hexagonal	10	76,936	0	0	0	0	0		0.06	0.06	4,616	0.6
SJ1025	J1025	0	Hexagonal	10	86,612	0	0	0	0	0		0.06	0.06	5,197	0.2
SJ1026	J1026	0	Hexagonal	10	87,068	0	0	0	0	0		0.06	0.06	5,224	0.25
SJ994	J994	0	Hexagonal	10	86,755	0	0	0	0	0		0.06	0.06	5,205	0.24
SJ995	J995	0	Hexagonal	10	84,882	0	0	0	0	0		0.06	0.06	5,093	0.3
SJ996	J996	0	Hexagonal	10	65,478	0	0	0	0	0		0.06	0.06	3,929	0.34
SJ993	J993	0	Hexagonal	10	86,612	0	0	0	0	0		0.06	0.06	5,197	0.21
SJ964	J964	0	Hexagonal	10	74,631	0	0	0	0	0		0.06	0.06	4,478	0.29
SJ965	J965	0	Hexagonal	10	32,282	0	0	0	0	0		0.06	0.06	1,937	0.19
SJ962	J962	0	Hexagonal	10	86,612	0	0	0	0	0		0.06	0.06	5,197	0.23
SJ963	J963	0	Hexagonal	10	86,409	0	0	0	0	0		0.06	0.06	5,185	0.25
SJ930	J930	0	Hexagonal	10	86,612	0	0	0	0	0		0.06	0.06	5,197	0.22
SJ931	J931	0	Hexagonal	10	86,773	0	0	0	0	0		0.06	0.06	5,206	0.24
SJ932	J932	0	Hexagonal	10	83,942	0	0	0	0	0		0.06	0.06	5,037	0.23
SJ933	J933	0	Hexagonal	10	61,117	0	0	0	0	0		0.06	0.06	3,667	0.32
SJ897	J897	0	Hexagonal	10	74,322	0	0	0	0	0		0.06	0.06	4,459	0.24
SJ898	J898	0	Hexagonal	10	31,865	0	0	0	0	0		0.06	0.06	1,912	0.16
SJ895	J895	0	Hexagonal	10	86,612	0	0	0	0	0		0.06	0.06	5,197	0.25
SJ896	J896	0	Hexagonal	10	86,43	0	0	0	0	0		0.06	0.06	5,186	0.21
SJ611	J611	0	Hexagonal	10	86,612	0	0	0	0	0		0.06	0.06	5,197	0.37
SJ1029	J1029	0	Hexagonal	10	82,58	0	0	0	0	0		0.05	0.05	4,129	0.37
SJ1023	J1023	0	Hexagonal	10	86,612	0	0	0	0	0		0.05	0.05	4,331	0.27
SJ997	J997	0	Hexagonal	10	51,362	0	0	0	0	0		0.05	0.05	2,568	0.21

17. 지도 패널로 이동한 뒤, **2D cells** 레이어에 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하여, 내보내기/복제를 선택합니다.

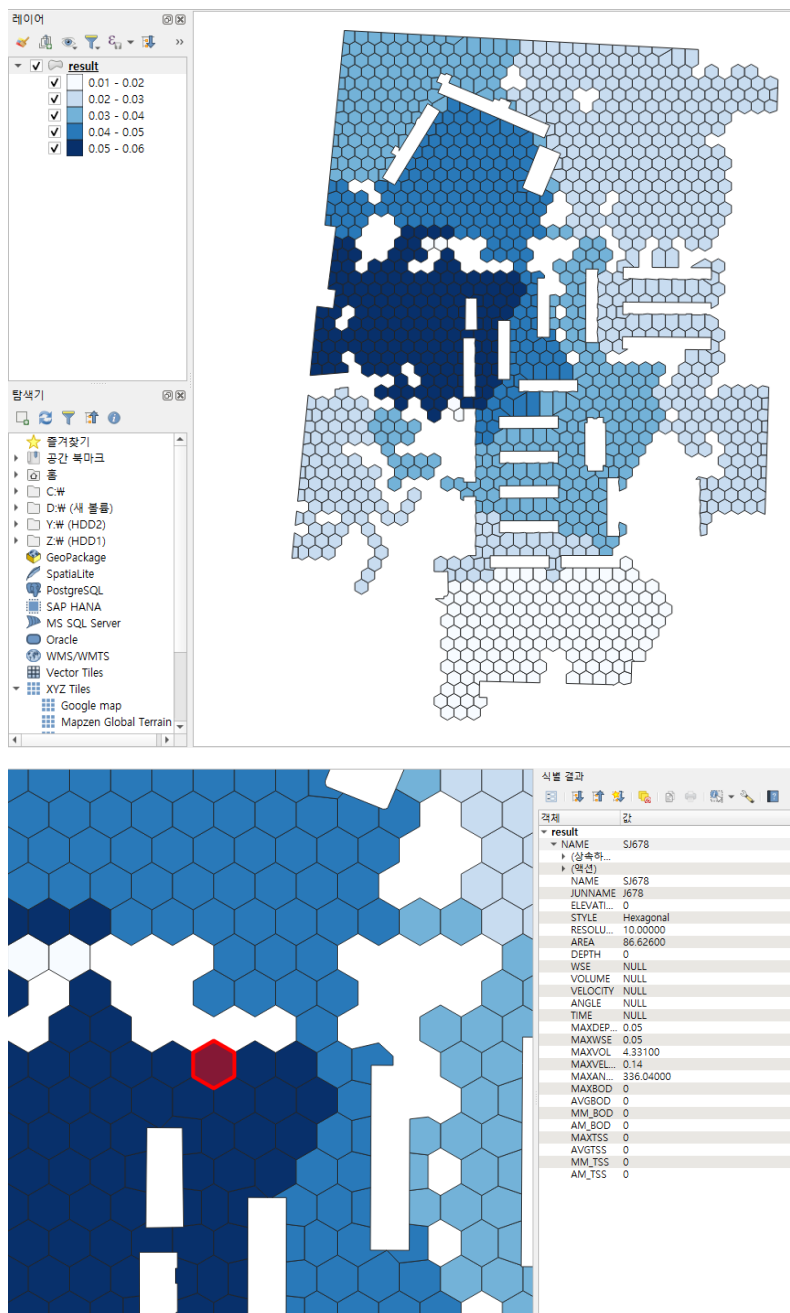


18. 선택한 항목 내보내기를 클릭하여 선택한 요소만 내보내기 합니다.

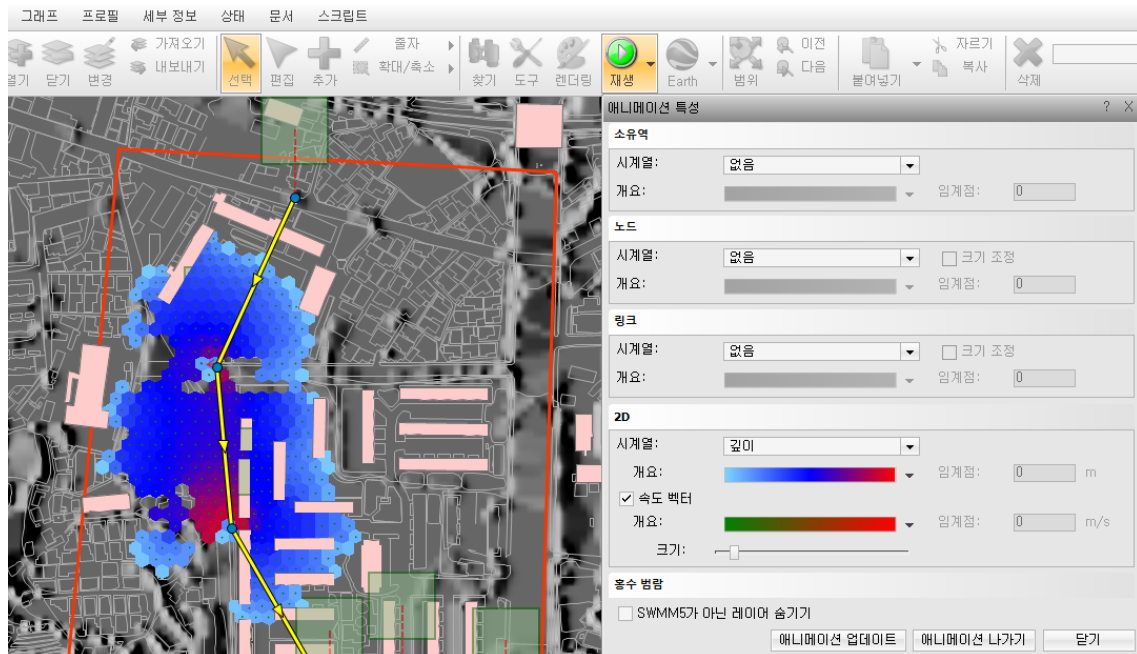


19. **Simple_Exercises\ex_1** 폴더에 **result.shp** 으로 저장합니다.

20. 내보낸 shp 파일을 **QGIS** 프로그램을 사용하여 열고, 속성에서 범례를 설정해주면 다음과 같이 나타납니다.



추가로 지도 패널의 재생  버튼을 사용하여 2D 셀의 애니메이션을 확인해보시기 바랍니다. 침수가 어떻게 진행되는지 시각적으로 볼 수 있습니다.



이처럼 PCSWMM은 다양한 도구를 활용하여 1D, 2D 해석을 쉽게 진행할 수 있도록 도와줍니다. 아울러 결과 확인 또한 여러 가지 방법을 사용하여 분석할 수 있습니다.

완료 파일: Simple_Exercises > solution > 2D model.pcz

3 상수 관망 해석

이번 과에서는 PCSWMM 의 또 다른 주요 기능인 상수 관망 해석에 대해 다룹니다. SWMM 이라는 이름이 들어 있어, 우수 관망 또는 침수 해석만 되는 것으로 오해할 수 있으나 PCSWMM 은 EPA-NET 엔진 및 인터페이스도 탑재되어 있기 때문에 상수 관망 해석이 가능합니다.

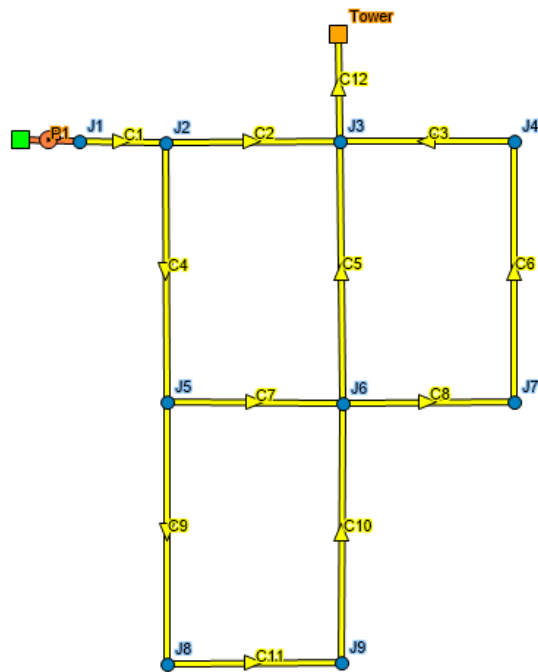
본 예제를 통해 우리는 샘플로 만들어진 간단한 급수 시스템의 구성을 살펴보게 됩니다. 배수지에서 물을 끌어와서 펌프를 통해 탱크에 옮겨 두고 여기에 저장한 물을 주거 지역의 수요량 필요에 맞게 분배하는 관망입니다. 탱크의 수위를 유지시키는데 필요한 제어 규칙도 포함되어 있습니다.

3.1 기존 EPANET2 관망 가져오기

먼저 상수관망 분석을 위해 만들어 둔 샘플 파일을 PCSWMM에서 가져오겠습니다.

1. **파일** 탭에서 **열기**  를 클릭합니다.
2. **Simple_Exercises\EPANET2** 폴더에 있는 **Net1.inp** 파일을 엽니다.

아래와 같은 관망을 볼 수 있습니다. 여기에는 몇 개의 절점과 관들 그리고 1 개씩의 급수탱크(Tower) 와 배수지(Lake) 및 펌프(P1)가 들어 있습니다.



아래의 **상태창**을 통해, 단위는 **LPM**, EPANET 엔진 버전은 **2.2**로 설정되어 있는 것을 보게 됩니다.

1. 프로그램 좌측 상단의 **프로젝트** 패널 아래에 있는 **시뮬레이션 옵션**을 클릭합니다.
2. 수리 범주에 있는 **수두손실 공식**이 **H-W** 즉, Hazen-Williams 공식이 적용된다는 것을 확인할 수 있습니다.
3. 참고로, 단위는 국내에서 흔히 사용하는 **CMD**로 손쉽게 변경할 수 있습니다.

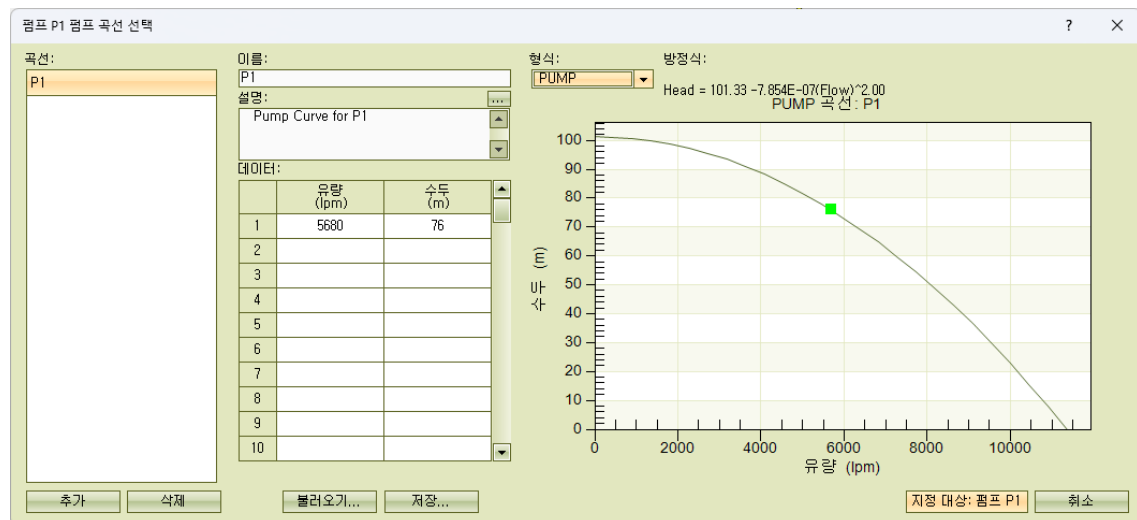
관망 구성요소를 선택하면 우측의 **속성** 탭에 해당 요소의 정보가 표시됩니다. 아래는 그 가운데 Tower와 P1을 선택한 후 나타나는 정보입니다.

탱크: Tower	
속성	
이름	Tower
X 좌표	49,777
Y 좌표	82,406
설명	
태그	
고도 (m)	259
초기 수위 (m)	37
최소 레벨 (m)	30
최대 레벨 (m)	46
직경 (m)	15.4
최소 볼륨 (m³)	0
볼륨 곡선	
넘침 가능	No
혼합 모델	MIXED
혼합 비율	0
반응 계수	-99
초기 수질	1
소스 수질	1
소스 패턴	
소스 유형	CONCEN

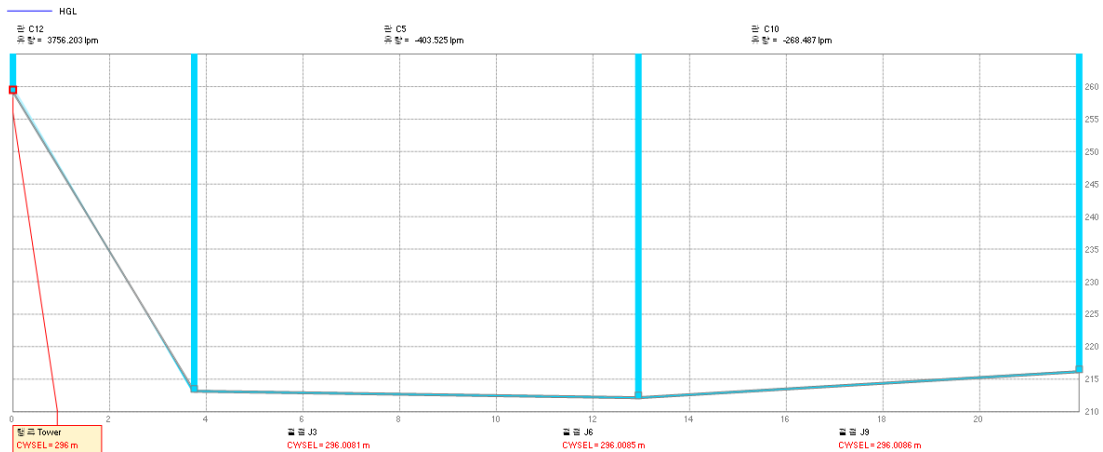
펌프: P1	
속성	
이름	P1
유입구 노드	Lake
유출구 노드	J1
설명	
태그	
펌프 곡선	P1
제곱 (kW)	0
속도	1
패턴	
초기 상태	Open
효율 곡선	
에너지 가격	0
가격 패턴	
제어 규칙	NO
간단한 제어	YES

급수탱크 Tower의 경우, 해발 259미터 지점에 위치해 있으며 16미터 높이의 탭 내부에 7미터 수위의 물이 차 있는 상태로 시뮬레이션이 시작됩니다.

배수지(Lake)에서 J1 노드 방향으로 연결된 펌프 P1은 펌프곡선 P1이라는 Q-H 곡선을 기반으로 가동되며 유량-수두 곡선 P1은 아래와 같은 양상을 띄고 있습니다.

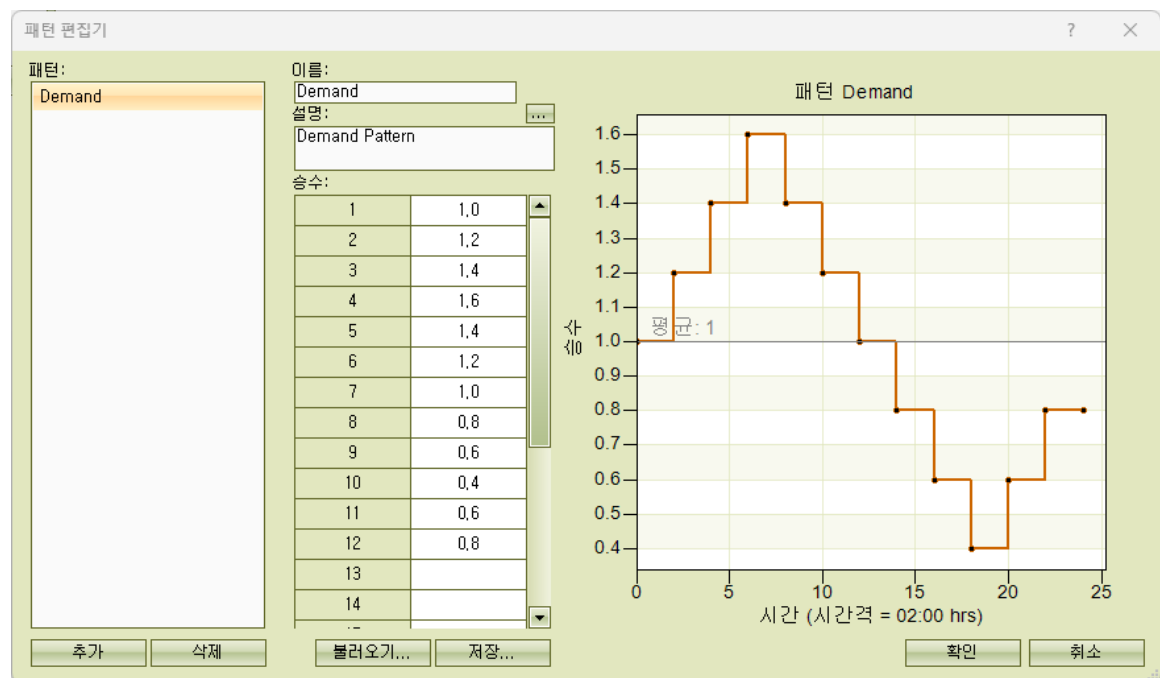


지도 탭에서 **Tower**를 선택한 후 **Shift** 키를 누른 채 **J9** 노드를 클릭한 다음, **프로필** 탭으로 가 보면, 아래와 같은 종단도를 확인할 수 있습니다. 탱크가 고지대에 있어서, 물이 채워지면 각 노드에서 필요로 하는 수요량을 위해 자연적으로 물을 공급할 수 있을 만큼의 압력차가 발생하는 구조임을 알 수 있습니다.



3.2 수요량과 제어 규칙

본 샘플은 주거 지역을 가정합니다. 그에 맞는 수요량 그래프가 필요하며 **프로젝트** 탭에 있는 **패턴**을 클릭하여 아래와 같이 주야간 수요량 **패턴**이 작성되어 있는지 확인합니다.



다음으로, 각 절점(J1~J9)에서 필요로 하는 수요량을 0 이상의 값으로 입력하였는지 확인하기 위해 **프로젝트** 탭의 **수요량**을 클릭합니다. 이 예제에서는 분당 **0~757** 리터의 물이 필요한 것으로 입력되어 있습니다.

이제, 펌프를 상시 가동하는 것이 아니라 전력 절감을 위해 간단한 규칙에 의해 가동 상황을 조절해 보겠습니다. 이 예제의 경우에는 이미 데이터가 들어 있지만, 만들고 싶은 규칙은, 탱크의 하한 수위에 도달할 경우 펌프가 가동되고 물이 보충되면 정지하는 단순한 규칙입니다.

프로젝트 패널에서 **단순 제어**를 클릭하면 텍스트 입력 창이 뜹니다. 2개의 행에 구문이 기재되어 있는데, 이는 다음과 같은 의미임을 쉽게 알아 차릴 수 있습니다.

1. Tower의 수위값이 33미터 아래로 내려가면 링크 즉 펌프 P1을 가동하고,
2. Tower의 수위가 43이 되면 펌프를 중지한다.

3.3 모델 실행 및 결과 검토

이제 모델 구성 요소를 모두 살펴보고 정상적으로 입력되어 있는지도 확인하였으므로 모델을 실행해 보겠습니다. 구동하기 전에, 시뮬레이션 기간과 수리적 시간격을 정의하고 무엇을 보고 항목에 포함시킬지도 정하겠습니다.

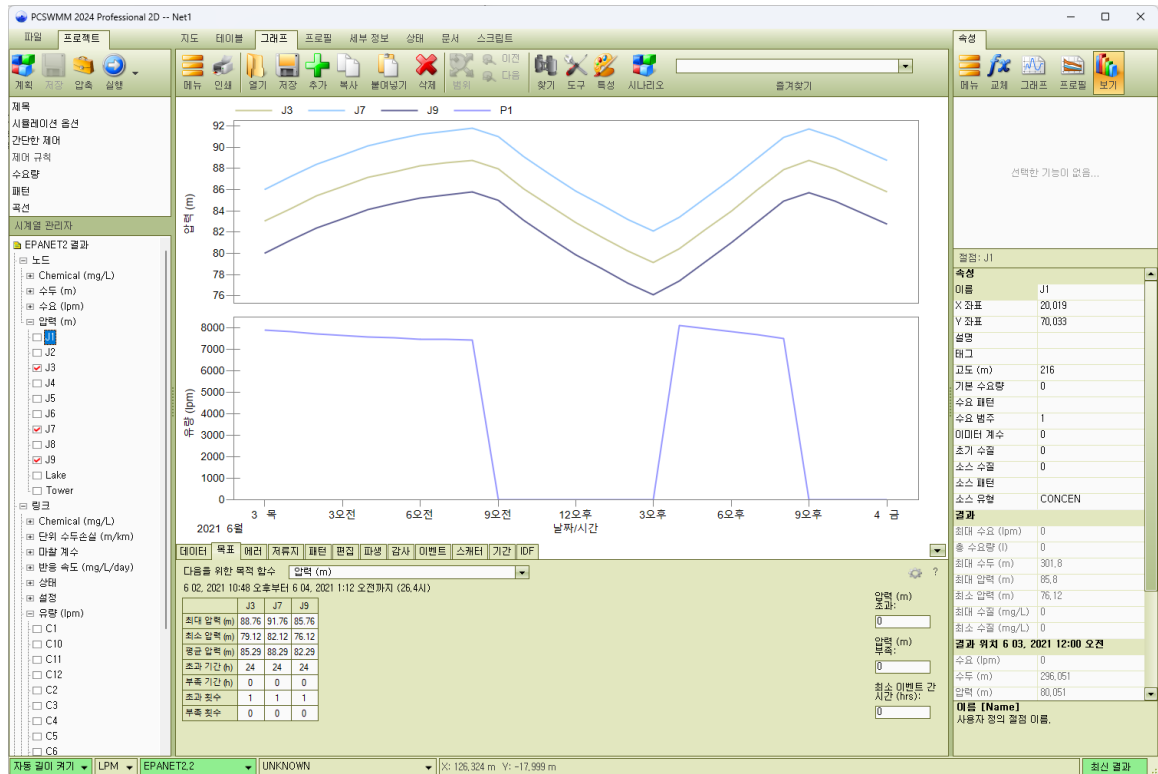
1. **프로젝트** 패널에서 **시뮬레이션 옵션**을 클릭합니다.
2. 목록 가운데 **시간** 탭을 클릭하여 각 항목의 속성이 합리적인지 살펴봅니다.
3. 이제 모든 것이 준비되었으므로 **프로젝트** 패널에서 **실행** 버튼을 누르십시오.

해석은 1초 이내에 완료됩니다.

우측 하단의 **최신 결과** 부분을 클릭하거나 메뉴의 **상태** 항목을 클릭하면 언제 어떤 상황에서 탱크가 채워지거나 비는지를 확인할 수 있고 그 때마다 펌프가 가동 혹은 중지되는지를 점검할 수 있습니다. 이를 그래프로 보고 싶다면,

1. **그래프** 메뉴를 선택합니다.
2. **시계열 관리자**를 클릭하여 다양한 결과를 그래프 형태로 볼 수 있습니다.

아래의 경우 EPANET2 결과 중, J3, J7, J9 노드의 압력과 P1 링크 즉 펌프의 시간에 따른 토출량 등을 확인하는 중입니다. 이 그래프를 통해 우리가 바라던 대로 각 절점에서의 수요량을 해치지 않으면서 펌프와 탱크의 수위가 적절하게 변하고 있음을 확인하게 됩니다.



당연히 결과 그래프의 모든 데이터는 엑셀을 비롯한 제3의 도구로 내보낼 수 있고 종단도나 평면도를 녹화하여 다른 엔지니어들과 공유할 수도 있습니다. 이에 대한 자세한 방법은 **별도의 상수관망 해석 매뉴얼**을 통해 학습하시기 바랍니다. 더불어, 해당 매뉴얼에는 초간단 매뉴얼에서 다루지 않은 다양한 해석 범주와 기능에 대해서 설명하고 있으므로 과업이나 연구에 도움이 될 것으로 확신합니다.

이것으로 PCSWMM의 주요 기능을 **1시간만에 살펴보는 초간단 매뉴얼** 학습을 마칩니다. 수고하셨습니다.

잠을 내셔서 초간단 매뉴얼의 전반적인 과정을 보여주는 **학습용 동영상**을 보시거나, 우수, 하수, 침수 모델에 대한 **기본 매뉴얼** 또는 **심화 매뉴얼** 그리고 별도의 **상수관망 모델에 대한 매뉴얼**을 계속 따라 해 보셔서 이 분야의 전문가가 되어 보십시오!

www.hydrosoft.co.kr

하이드로소프트

Telephone: 031.8017.8033

support@hydrosoft.co.kr

www.hydrosoft.co.kr

Follow Us

