

XP-SWMM 모형을 이용한 침수지역의 수치모의

이호진*, 장창덕**, 전계원

최근 세계 곳곳에서 기후변화에 따른 자연재해의 발생확률이 점점 높아지고 있다. 우리나라도 예외가 될 수 없으며 특히 강원도 지역의 경우 태풍과 홍수의 피해가 가장 빈번히 발생하는 지역 중의 하나이다. 지난 2002년 태풍 루사와 2003년 태풍 매미로 많은 인명과 재산피해가 발생하였으며 이로 인해 재해위험지구 또한 증가 하였다. 따라서 본 연구에서는 침수해석을 위해 XP-SWMM을 적용하여 강원도 삼척시 자원동 지역을 대상으로 강우 자료와 지형자료를 분석하고 하천범람과 내수침수 범위를 수치모의 하였다. 모의결과 삼척시에서 제작한 침수흔 적도와 비교하여 모의된 침수범위가 조사된 침수범위 보다 넓게 분포하는 경향을 나타내었다. 이는 모형에 사용된 지형자료의 정밀도에 기인한 결과로 분석되었다. 추후 연구에서는 주요지점에 대해 보다 해상도 높은 지형자료를 이용한 침수범위를 산정이 수행되어야 한다고 판단된다.

주제어: 침수해석, 수치모형, 재해위험지구, XP-SWMM

I. 서 론

우리나라는 삼면이 바다로 되어 있고 산지가 국토의 대부분을 차지하고 있어 자연재해에 의한 피해가 빈번히 발생하고 있다. 특히 강원 영동지역의 경우 산지와 바다가 인접해 있어 기후변화가 다양하고 집중호우, 폭설 및 가뭄 등 다양한 자연재해가 매년 발생하고 있다.

자연재해 대책법에 의하면 태풍·홍수 등 자연현상으로 인한 재난으로부터 국토를 보존하고 국민의 생명·신체 및 재산과 주요기간시설을 보호하기 위하여 재해발생 우려가 있는 지역에 대해 시장·군수·구청장이 자연재해위험지구로 지정 고시하여 관리하도록 하고 있으며 자연재해위험지구는 우선적으로 정비하도록 규정하고 있다(소방방재청, 2010).

강원도는 풍수해 피해가 가장 빈번히 발생하는 지역 중의 하나이며 지난 2000년 이후 풍수해에 의한 많은 인명피해와 재산피해가 발생하였고 이로 인해 자연재해위험지구가 증가하였다.

자연재난피해의 많은 부분은 풍수해에 의한 피해로 조사되고 있어 풍수해의 피해를 줄이기 위한 다

* 제1저자, ** 교신저자.

양한 연구와 해석방법이 제시되고 있다. 풍수해 피해 중 홍수피해는 하천의 수위가 증가하여 제방을 월류하여 발생하는 외수범람 피해와 하천의 수위증가 뿐만 아니라 내측에서 배수가 불량하여 침수되는 내수침수로 크게 나눌 수 있다. 이러한 침수피해를 줄이기 위해서는 제방고를 높이고, 하상을 준설하고, 배수펌프장을 설치하는 등 직접 구조물을 설치하고 관리해서 피해를 완화하는 구조적인 대책과 홍수예경보 프로그램 개발, 침수위험지구에 침수해석 모형 적용 등 시스템적이고 제도적인 개선을 통해 피해에 대처하는 비구조적인 대책이 있다.

본 연구에서는 비구조적인 대책 중 하나인 수리모형을 이용하여 침수피해지역에 대한 수치모의 해석을 수행하고자 한다. 대상지역은 강원도 삼척시의 상습침수구역 중 하나인 자원동일대를 대상으로 침수발생 당시 강우자료와 지형자료를 파악하고 도시유출 해석모형인 XP-SWMM을 적용하여 재해위험지역의 하천범람과 내수침수 범위를 산정하고자 한다.

II. XP-SWMM 모형

지금까지 도시유역의 유출해석 및 침수해석에는 다양한 모형들이 적용되어 왔다. Emil Kuichling(1889)의 합리식은 유량산정 등에 널리 사용되어 왔으며 Watkins(1962)의 RRL모형은 시간-면적 곡선법을 이용하여 배수관망에 유입되는 유출에대한 수문곡선 산정에 이용되고 있다. ILLUDAS 모형은 1987년에 발생한 서울지역의 대규모 수해의 원인분석을 위한 '87수해백서에 국내에서 처음 소개되었다. 직사각형으로 가정한 여러 개의 소유역으로 나누어진 배수구역에서 지표면 유출수문곡선들을 합성하여 최종 유출수문곡선을 구하게 되는데 우수관과 배수관의 직경 및 저류지의 특성을 고려할 수 있는 특징을 가지고 있다(안상진·김진국, 1998). 하지만 관로 내 흐름을 등류로 보고 해석하므로 배수현상에 대한 영향을 고려할 수 없다(장대원 외, 2008). 본 연구에서는 연구 대상지역의 침수해석을 위해 도시유역 및 인위적인 배수체계에 대한 적용과 하수관망과 자연하천의 합성, 조위나 하천의 외수위 영향으로 인한 배수현상 효과를 고려할 수 있는 XP-SWMM 모형을 적용하였다.

SWMM은 도시 유역의 강우에 의한 홍수량을 산정하기 위하여 1971년 미국 EPA(Environmental Protection Agency)의 지원아래 Metcalf & Eddy사가 개발한 모형으로, Florida 대학 및 WRE(Water Resources Engineers)의 공동연구에 의하여 도시유역 하수시스템내의 유량과 수질을 모의할 수 있도록 구성되었다(Huber, Dickinson, 1988). XP-SWMM은 SWMM의 DOS version을 XP-Software사가 개발, Window에서 작업을 수행 할 수 있게 만들었다.

최근의 XP-SWMM Interface는 Runoff, Sanitary, Hydraulics(Extran) Mode 로 구분된다. Runoff Mode는 강우, 유출과 수질, 단순한 수리 해석에 사용되며, Sanitary는 하수의 load, 하수처리, basin/BMP 지체, 운동학적 파(Wave)의 수리 해석에 사용된다. 그리고 Hydraulics는 동역학적인 유체의 경로, 복잡한 수리 해석에 사용된다.

XP-SWMM의 입력 블록은 Node Data, Link Data, Job Control, Global Data로 나뉜다. Node Data 입력은 세 가지로 나뉘는데 Hydraulics 노드 데이터, Runoff 노드데이터, Sanitary 노드 데이터로 나뉜다. Link Data는 하도 및 관거의 속성자료를 입력하는데 3개의 Mode(Runoff, Hydraulics, Sanitary)와 공유되어 있다. Job Control은 각기 다른 3가지의 Mode가 있다. Global Data는 3가지의 Mode가 공유하며 노드나 링크로부터 참조된 정보의 데이터베이스를 관리한다(이범희, 채준영, 2004).

지표면 유출에 대한 기본방정식은 마찰경사를 유역경사와 같다고 가정하는 Kinematic wave 근사법인 비선형저류 방정식이 사용된다. 지표의 유출은 다음의 식 (1)에 의하여 계산되며 관로에서의 유출은 각 소유역에서의 수심과 유량을 결정하기 위해 연속방정식과 Manning 방정식을 사용한다. 소유역에서의 연속방정식 (2)과 Manning 방정식 (3)은 다음과 같다.

$$Q = W \cdot \frac{1}{n} (d - d_p)^{5/3} S^{1/2} \quad (1)$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

$$Q = \frac{1}{n} S_o^{1/2} A R^{2/3} \quad (3)$$

여기서, W 는 유역폭, d 는 수심, d_p 는 지면저류깊이, A 는 관 단면적, x 는 관로 길이, n 은 Manning의 조도계수, S 는 소유역 경사, S_0 는 관로경사, R 은 동수반경이다. 유역폭 W 는 유역 특성에 따라 개념화한 직사각형 유역에서 수로에 수직으로 유입되어 흐른다는 가정으로 계산하는데 이는 식 (4), (5)를 이용한다.

$$S_k = \frac{(A_{left} - A_{right})}{A_{total}} \quad (4)$$

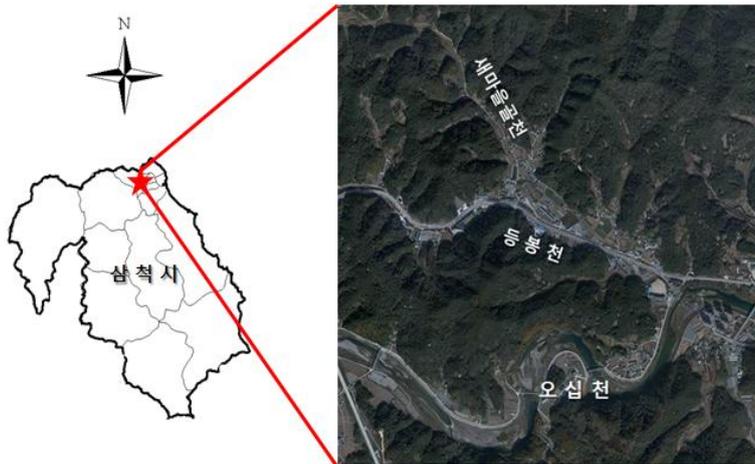
$$W = (2 - S_k) \cdot L \quad (5)$$

여기서, S_k 는 왜곡도 계수로 하천 좌·우측의 유역면적 A_{left} , A_{right} 의 차이에 총 면적 A_{total} 을 나누어 계산하며 유로의 위치가 유역면적에서 어떻게 편중되어 있는가를 나타내게 된다. 유역폭 W 는 하천 좌·우측 유역면적이 같다고 하면 왜곡도 계수가 0이 되어 하천의 길이 L 에 두 배인 $2L$ 이 된다.

III. 연구대상지역 및 자료

1. 대상지역

본 연구의 대상지역은 <그림 1>과 같이 오십천의 하류지역으로 제1지류인 등봉천과 제2지류인 새마을골천이 포함되어 있다. 등봉천의 유역면적은 4.76km²이고 유로연장은 4.0km로 중상류부 경사 1/20, 하류부 경사 1/172로 상류부는 매우 가파르고 하류는 비교적 완만하다. 토지이용은 임야가 89%로 거의 대부분을 차지하고 있다. 새마을골천 유역은 유역면적 1.93km²이고 유로연장 2.83km이며 경사와 토지이용 모두 등봉천과 유사한 양상을 띠고 있다(전계원 외, 2011).



<그림 1> 연구대상지역

2. 강우자료

본 연구에서는 태풍 루사(2002)와 매미(2003) 및 메기(2004)등 일정 규모 이상의 태풍 발생 시 마다 침수피해가 발생하는 침수위험지구인 강원도 삼척시의 지방1급하천 오십천 하류유역인 자원동 일대를 대상으로 강우자료를 조사하였다. 태풍 루사 시 삼척시가지 지역에 일최대강우량 378mm, 최대시우량 58mm의 강우가 발생하여 하천범람과 내수침수재해가 발생하였다(삼척시, 2002). <표 1>은 태풍 루사에 의한 기상청 동해관측소와 삼척시 주요지역에 대한 1시간최대강우량, 일최대강우량 등을 나타내고 있다. 삼척시의 읍면단위 기상자료는 지역별 강우특성을 파악하기 위해 삼척시청에서 관리하는 읍면사무소의 강우자료를 취득하였다. 강우현황에서 특히 일최대 강우량의 경우 지형적인 특성에 따라 집중호우가 발생한 지역별로 2.5배 이상 차이가 나는 것으로 분석되었다.

<표 1> 태풍 루사 발생시 삼척 주요지역별 강우량 현황

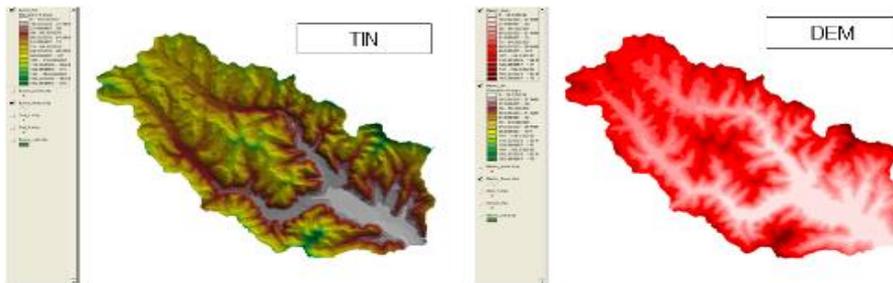
	기상청 동해 관측소	시청 (연구지역)	근덕면	도계읍	노곡면	미로면	신기면
1시간 최대 (mm)	57	58	57	49	100	100	81
3시간 최대 (mm)	122	147	116	111	269	262	202
일 최대 (mm)	320	378	307	349	813	737	618

IV. 모형적용 및 결과분석

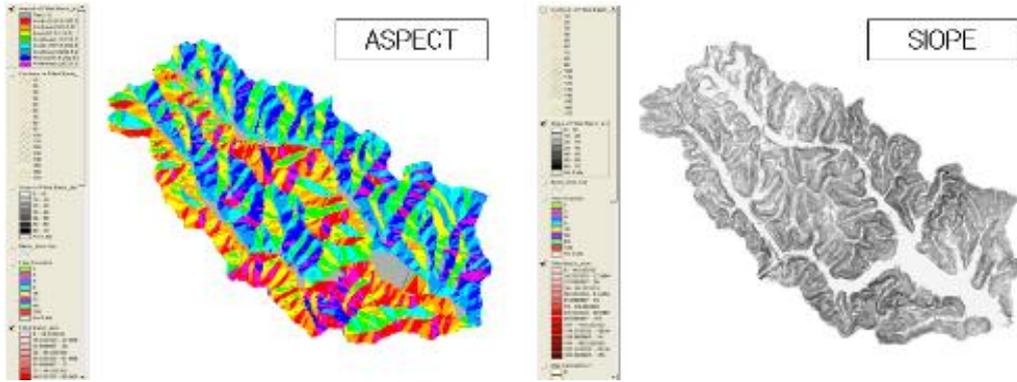
1. 해석모형의 적용

XP-SWMM모형을 이용하여 유출해석을 통한 침수범위를 해석하기 위해 연구 대상지역에 가장 심각한 침수피해를 야기했던 2002년 태풍 루사 시 강우자료를 적용하였다. 유역내 등봉천과 새마을골천은 사다리꼴형 수로로 형성하고 유역의 폭은 개념화된 직사각형이 수로에 수직으로 흐름을 갖는다고 가정하였고 삼척시 하수도관망도(2006)와 삼척시 소하천정비종합계획(2005)에서 작성된 하수도망과 소하천현황을 기준으로 유로형성과 하천특성치를 입력하였다.

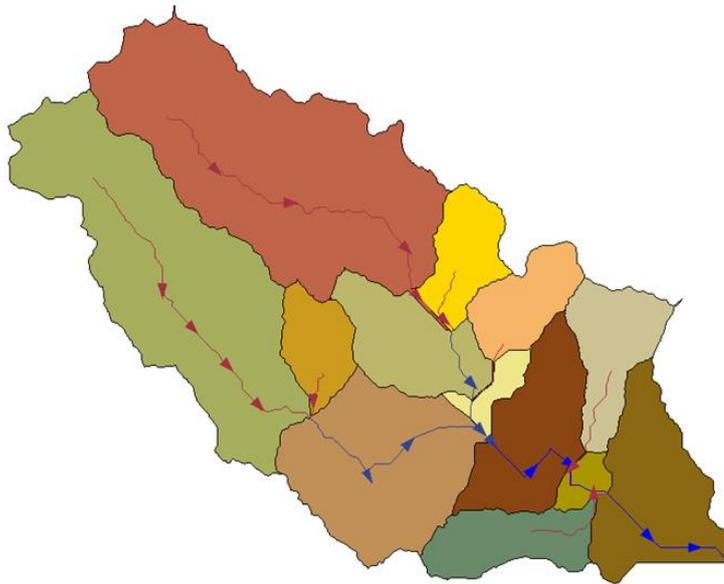
대상지역을 소유역으로 구분하여 소유역별 특성치를 찾아주기 위해 GIS 프로그램인 ArcView를 이용하여 DEM을 만들고 향분석(aspect), 경사분석(slope) 등을 통해 유역을 생성하고 소유역으로 구분하였다. <그림 2>는 GIS를 이용한 지형자료 분석결과이며 <그림 3>은 생성된 소유역을 나타내고 있다. 여기서 DEM(Digital Elevation Model; 수치표고모형)은 등간격 격자로 이루어진 표고모형으로 건물이나 인공구조물을 제외한 표고값만이 존재한다. 이와 유사한 의미를 가지고 있는 DTM(Digital Terrain Model)은 DEM과 비슷하지만 지형을 보다 정확하게 묘사하기 위해 불규칙적인 불연속 높이 자료를 갖는 것이 특징으로 DEM보다 좀 더 정확한 지형의 표현이 가능하다.



<그림 2> GIS를 이용한 지형자료 분석 결과



<그림 2> GIS를 이용한 지형자료 분석 결과(계속)

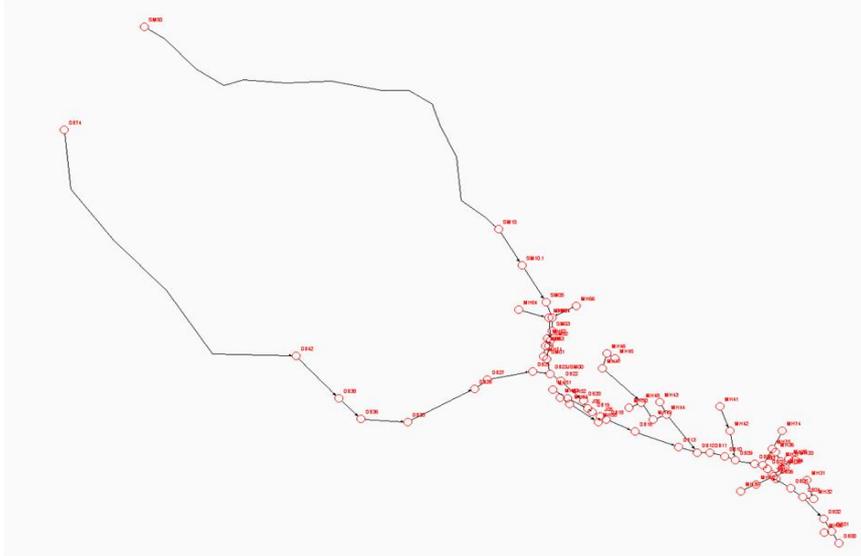


<그림 3> 대상지역의 소유역 분할

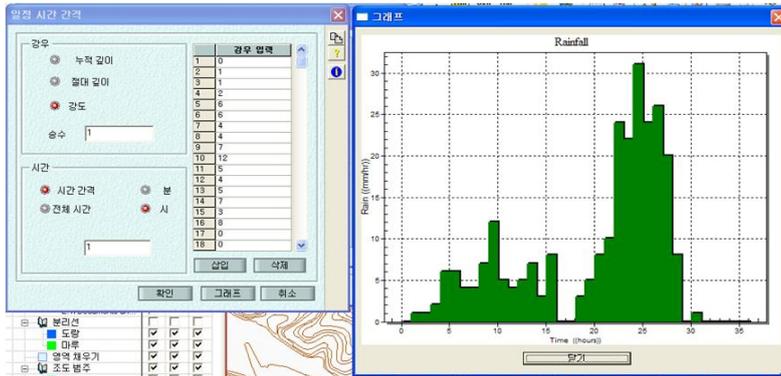
소유역을 고려하여 XP-SWMM에서 생성된 노드는 총 75개이며 링크는 74개이다. 생성된 링크와 노드는 <그림 4>에 나타내었다. 또한 XP-SWMM에서 유출해석을 수행하기위해 하천의 평균 조도계수는 0.035이고 하수도관망의 평균 조도계수는 0.014를 사용하였으며 이를 고려한 소유역 특성치 및 강우자료 입력을 수행한 결과를 <그림 5>에 나타내었다. <표 2>에는 모형에 사용된 링크자료(형상, 길이, 경사, 연결노드 등)를 나타내었고 <그림 6>, <그림 7>에는 하도의 형상을 고려한 하수도관망의 제원을 입력하는 과정을 나타내었다.

<표 2> 링크입력자료

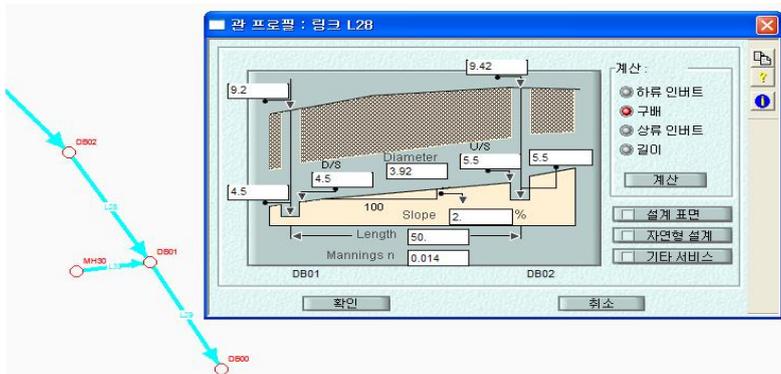
링크명	형상	길이 (m)	직경 (m)	상류관저고 (m)	하류관저고 (m)	최심하상경사 (%)	상류 노드	하류 노드
L00	사다리꼴	1600	1.015	62.14	26.9	2.20	DB74	DB42
L01	사다리꼴	200	1.34	26.9	23.7	1.60	DB42	DB38
L02	사다리꼴	146.2	1.59	23.7	22.5	0.82	DB38	DB36
L03	사다리꼴	150	1.59	22.5	19.8	1.80	DB36	DB33
L04	사다리꼴	250	1.47	19.8	17.4	0.96	DB33	DB28
L05	사다리꼴	50	1.47	17.4	16.8	1.20	DB28	DB27
L06	사다리꼴	150	1.89	16.8	14.6	1.47	DB27	DB24
L07	사다리꼴	50	1.6	14.6	14.3	0.60	DB24	DB23JSM00
L08	사다리꼴	50	1.2	14.3	13.8	1.00	DB23JSM00	DB22
L10	사다리꼴	25	1.95	12.9	12.75	0.60	DB19	J05
L11	사다리꼴	25	1.94	12.75	12.6	0.60	J05	DB18
L12	사다리꼴	100	1.94	12.6	11.59	1.01	DB18	DB16
L13	사다리꼴	150	1.59	11.59	10.9	0.46	DB16	DB13
L14	사다리꼴	50	1.59	10.9	10.3	1.20	DB13	DB12
L15	사다리꼴	50	1.21	10.3	10	0.60	DB12	DB11
L16	사다리꼴	50	1.21	10	9.4	1.20	DB11	DB10
L17	사다리꼴	50	1.38	9.4	8.9	1.00	DB10	DB09
L18	사다리꼴	50	1.39	8.9	8.6	0.60	DB09	DB08
L19	사다리꼴	33.97	1.58	8.6	8.35	0.74	DB08	J03
L21	사다리꼴	16.03	1.89	8.35	8.1	1.56	J03	DB07
L22	사다리꼴	23.54	2.075	8.1	8.05	0.21	DB07	J02
L23	사다리꼴	10.63	2.135	8.05	7.75	2.82	J02	J01
L24	사다리꼴	15.83	2.38	7.75	7.4	2.21	J01	DB06
L25	사다리꼴	50	2.11	7.4	7.1	0.60	DB06	DB05
L26	사다리꼴	50	2.11	7.1	6.3	1.60	DB05	DB04
L27	사다리꼴	100	3.92	6.3	5.5	0.80	DB04	DB02
L28	사다리꼴	50	3.92	5.5	4.5	2.00	DB02	DB01
L29	사다리꼴	50	0.9	4.5	3.5	2.00	DB01	DB00
L30	직사각형	10.17	0.3	8.9	8.87	0.30	MH30	DB01
L31	원형	66.22	0.3	11.75	10.55	1.81	MH31	MH32
L32	원형	26.29	0.6	10.55	7.79	10.50	MH32	DB04
L33	원형	23.47	0.3	15.83	11.6	18.02	MH33	MH34
L34	사다리꼴	47.88	0.5	11.6	9.01	5.41	MH34	DB06
L35	원형	37.8	0.3	13.8	11.6	5.82	MH35	MH34
L36	원형	38.29	0.2	11.81	10.42	3.63	MH36	MH37
L37	사다리꼴	29.23	0.4	10.42	9.63	2.70	MH37	MH38
L38	원형	41.98	0.3	9.63	8.96	1.60	MH38	J02
L39	원형	54.03	0.2	12.9	11.23	3.09	MH39	MH40
L40	사다리꼴	52.1	1	11.23	9	4.28	MH40	J01
L41	사다리꼴	33.79	2	12.09	11.87	0.65	MH41	MH42
L42	사다리꼴	94.73	1.2	11.87	9.09	2.94	MH42	DB09
L43	원형	44.15	0.4	11.95	11.07	1.99	MH43	MH44
L44	사다리꼴	85.04	0.8	11.07	10.3	0.91	MH44	DB12
L45	사다리꼴	33.13	0.4	14.54	13.12	4.29	MH45	MH46
L46	사다리꼴	43.37	0.8	13.12	12.75	0.85	MH46	MH47
L47	사다리꼴	173.16	0.8	12.75	11.57	0.68	MH47	MH48
L48	사다리꼴	67.35	0.8	11.57	11.34	0.34	MH48	MH49
L49	사다리꼴	41.43	0.8	11.34	11.07	0.65	MH49	MH44
L50	사다리꼴	41.8	0.8	11.57	11.57	0.00	MH50	MH48
L51	원형	56.04	0.4	15.5	14.4	1.96	MH51	MH52
L52	원형	65.57	0.4	14.4	13.7	1.07	MH52	J06
L53	사다리꼴	45.88	0.5	15.12	14.51	1.33	MH53	MH54
L54	사다리꼴	92.18	0.5	14.51	13.78	0.79	MH54	MH55
L55	원형	12.22	0.6	13.78	13.21	4.66	MH55	J05
L56	사다리꼴	150	1.41	19.7	18.3	0.93	SM10	SM10.1
L57	사다리꼴	50	0.51	18.3	16.9	2.80	SM05	SM04
L58	사다리꼴	50	1.44	16.9	16.4	1.00	SM04	SM03
L59	사다리꼴	50	1.2	16.4	16.1	0.60	SM03	SM02
L60	사다리꼴	15	1.2	16.1	15.55	3.67	SM02	J07
L60	사다리꼴	35	1.55	15.55	15	1.57	J07	SM01
L61	사다리꼴	50	1.91	15	14.3	1.40	SM01	DB23JSM00
L62	원형	23.01	0.6	16.41	15.57	3.65	MH63	MH63
L63	원형	10	0.6	15.57	15.56	0.10	MH63	J07
L64	사다리꼴	110.7	0.6	22.47	17.17	4.79	MH64	MH65
L65	사다리꼴	73.18	0.6	17.17	16.53	0.88	MH65	SM02
L66	사다리꼴	77.08	0.7	21.9	17.94	5.14	MH66	SM04
L67	사다리꼴	100	1.2	13.8	13.2	0.60	DB22	DB20
L69	사다리꼴	25	1.5	13.2	13.05	0.60	DB20	J06
L70	사다리꼴	25	1.615	13.05	12.9	0.60	J06	DB19
L73	사다리꼴	2000	1.41	74.81	19.7	2.76	SM50	SM10
L74	원형	49.82	0.6	15.97	15.57	0.80	MH71	MH63
L79	사다리꼴	60.54	1	15	11.87	5.17	MH74	MH75
L80	사다리꼴	100	0.51	18.3	18.3	0.00	SM10.1	SM05
L81	원형	38.59	1	11.87	8.83	7.88	MH75	J03



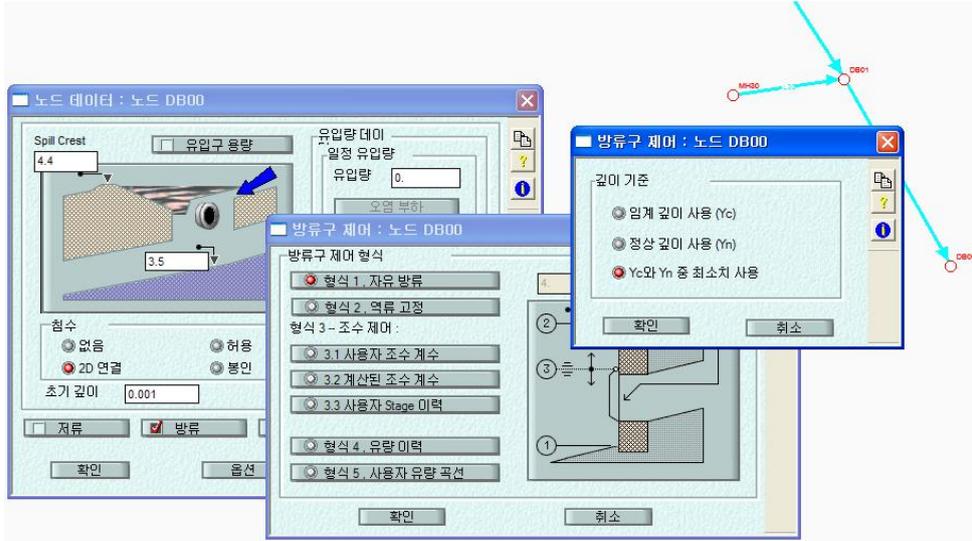
<그림 4> XP-SWMM에서 생성된 링크와 노드



<그림 5> 유역자료 입력



<그림 6> 관망자료 입력

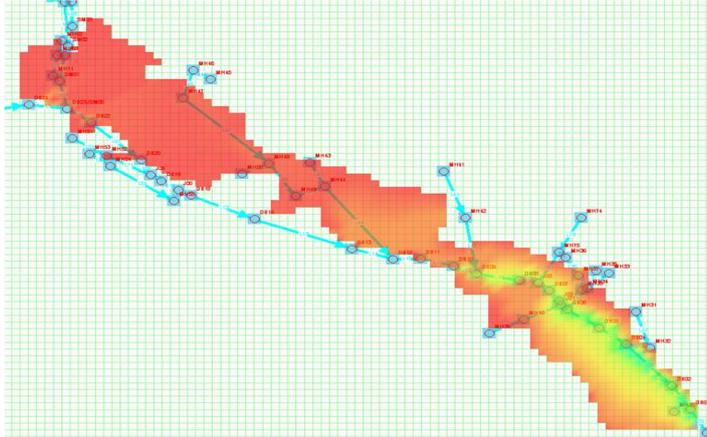


<그림 7> 유출부 조건

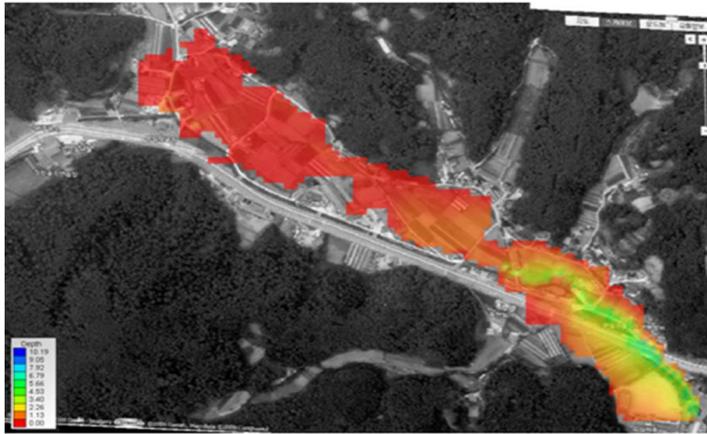
유출부의 노드는 DB00로 등봉천 최하단의 노드이다. 방류구는 본류인 오십천의 수위로 4m로 고정하여 자유방류의 제어방식으로 지정하였다. 자유방류는 한계수심과 정상수심 중 최소치를 사용하게 되며 3.5m의 관저고와 4.4m의 지반고를 갖는다. 본류인 오십천의 수위 4m로 인해 배수현상의 효과를 반영시키게 된다.

2. 결과분석

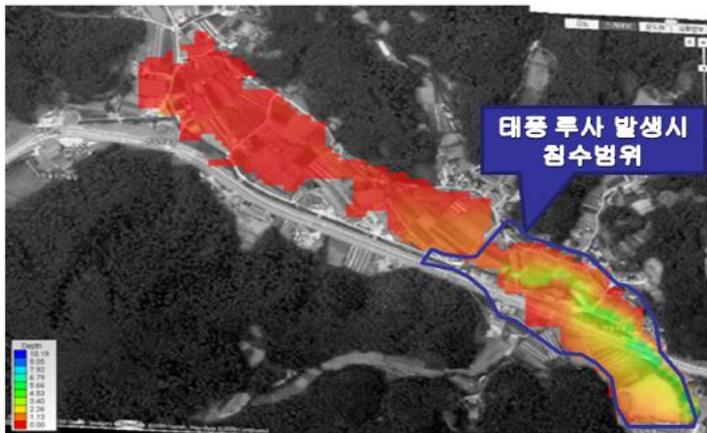
강원도 삼척시 오십천 인근의 상습침수구역 해석을 위해 XP-SWMM을 이용하여 해석모형을 구성하고 침수피해 중 가장 큰 피해로 기록되고 있는 2002년 태풍 루사의 강우를 적용하여 침수해석을 수행하였다. 그 결과는 <그림 8>~<그림 10>에 나타내었다. <그림 8>은 소유역으로 분할된 각 링크와 노드 위치에서 침수지역의 발생범위를 해석한 결과이고 <그림 9>는 모형의 해석 결과를 실제지형을 고려한 침수심 분포로 표현한 결과이다. <그림 8>에 표현된 격자단위는 1m를 나타낸다. 모의결과 침수심은 0.1m에서 최심부 9.2m로 나타났다. 또한 <그림 10>은 삼척시에서 태풍 루사 발생후 조사하고 제작한 침수흔적지형도와 XP-SWMM의로 모의된 침수심을 비교하여 나타내었다. 비교결과 하류부의 침수범위는 침수범위를 표시한 지형도와 유사하나 상류부의 경우 매우 얇은 0.1m 이하 층 넓은 유역에 침수가 발생하는 것으로 모의되었는데 이는 해상도가 높지않은 지형자료의 영향으로 판단된다. 또한 최대 수심은 침수흔적지형도의 7.5m와 수치모의 결과 9.2m는 약 1.7m 차이를 나타내었는데 이는 최하류의 하천과 제방사이의 지형도와 실제지형의 차이로 인한 결과로 분석되어 전체 계산된 침수심은 침수흔적도와 비교적 유사한 값을 나타내는 것으로 분석되었다.



<그림 8> 링크와 노드를 고려한 침수지역 수치모의 결과



<그림 9> XP-SWMM 수치모의에 의한 침수심 분포



<그림 10> 수치모의에 의한결과와 침수흔적 지형도의 비교

V. 결론

태풍에 의한 집중호우는 하천수위를 증가시켜 제방을 월류하는 범람을 일으키기도 하고 도심지에서는 지대가 낮은 지역을 중심으로 배수가 불량하여 내수침수를 발생시키기도 한다. 이러한 자연재해인 침수피해에 대한 원인규명과 대책수립을 위해서는 수치해석적인 기법을 적용한 침수심과 침수범위의 해석이 필요하다.

본 연구에서는 상습침수구역인 삼척시 오십천 인근에 XP-SWMM 수치해석모형을 적용하여 유출 해석을 수행하고 본류수심을 고려한 침수범위를 산정하고 그 결과를 혼적지형도와 비교하였다. 그 결과 모형에서 모의된 침수심과 혼적지형도에서 조사된 침수심의 분포가 비교적 유사하게 분석되었다. 침수혼적도와 침수범위를 비교한 결과 모의된 침수범위가 조사된 침수범위 보다 좀 더 넓게 분포하였다. 등봉천과 새마을골천이 만나는 지점에서부터 침수지역으로 모의된 해석결과는 수치모의에 사용된 높지 않은 해상도의 지형자료를 사용한 결과로 판단하였다. 또한 유역내 등봉천을 기준으로 우안쪽으로 침수지역이 적게 모의된 지역도 분포하였다. 그 이유는 모형에 사용된 DTM(Digital Terrain Model; 수치지형모형)자료가 1/5000 수치지도를 이용하여 작성하였기 때문에 대상지역의 지형을 보다 세밀하게 구축하지 못 해 하천의 낮은 지반고와 높은 고도의 산지지역이 보간되어 DTM을 구성하는 과정에서 수치모의상 지형이 실제 지형보다 높게 형성되었기 때문이다. 또한 모형상에서 고려하지 않은 규모가 작은 산지하천에서의 유출량이 비교적 많았다고 사료된다. 향후 연구에서는 좀 더 정확한 침수피해 범위와 침수심 산정을 위해서 모형구축 시 중요지점에 대한 해상도 높은 지형자료의 획득과 적용이 필요하며 지역특성을 고려한 모형의 매개변수 산정과정이 수행되어야 할 것이다.

본류의 수위를 고려한 내수침수 및 하천범람의 범위를 산정한 본 연구결과는 본류수위의 예측 및 실측자료를 활용하여 좀 더 보완된다면 본류와 만나는 지류유역에서의 내수침수 및 하천범람해석에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 삼척시. 2004. 2002 태풍 제15호 루사 수해백서.
- 소방방재청. 2010. 자연재해대책법 시행규칙.
- 안상진·김진국. 1999. 도시유출모형을 이용한 도시유역의 유출분석. 한국수자원학회논문집. 32(4): 479-488.
- 이범희·채준영. 2004. XP-SWMM을 이용한 도시화 유역에서의 유출 관리 방안 연구. 한국수자원학

회 학술발표대회 논문집. 1-6.

장대원 · 장금숙 · 서병하 · 김진영. 2008. XP-SWMM 모형을 이용한 도시배수망의 홍수소통 능력 평가. 대한토목학회 정기학술대회. 3669-3672.

전계원 · 연구방 · 장창덕. 2011. 재해위험지구 침수해석에 관한 연구. 한국방재학회 학술발표대회 논문집. 698-701

Huber, W. C., Dickinson, R.E. 1988. *Storm Water Management Model, Versioin 4: User's Manual*. Florida Univ., Gainesville (USA). Dept. of Environmental Engineering Sciences.

Kuichling, E. 1889. The Relation Between Rainfall and Discharge of Sewers in Populous Districts. *Trans. ASCE*. 20.

L.H. Watkins. 1962. *The Design of Urban Sewer Systems. Road Res. Lab. Tech. Pap.* 55. Department of Scientific and Industrial Research. London. England.

李昊振 충북대학교에서 공학박사 학위를 취득하고(논문: 파랑추정에 미치는 조류의 영향, 2004. 2), 현재 충북대학교 토목공학부에서 강사로 재직 중이다. 주요 관심분야는 연안방재, 수공구조물 설계, 유사현상 등이며, 주요 논문으로 “파랑과 해안구조물의 상호작용에 관한 연구(2009)”, “작은 사면체형 소파블록의 안정성 평가(2009)”, “Improvement of hydraulic stability for spillway using CFD model(2010)” 등이 있다 (lhjce@chungbuk.ac.kr).

張昌德 충북대학교에서 수공학석사 학위(논문제목 : “층상 해안대수층에서 해수침투 특성에 대한 정성적 고찰”, 2008년 2월)를 취득하고 현재 강원대학교 방재전문대학원에서 박사과정으로 재학중에 있다. 해안재해, 토석류재해, 재해 수치모형 분야에 관심을 두고 연구 중이다(cdjang79@kangwon.ac.kr).

全桂元 충북대학교에서 공학박사 학위를 취득하고(논문: 홍수유출과 수질예측을 위한 Web기반 시스템의 개발, 2004. 2), 현재 강원대학교 방재전문대학원 부교수로 재직 중이다. 주요 관심분야는 풍수해 방재, 산지재해 방재, 자연재해관리 등이며, 자연재해란 무엇인가?(공저, 2008) 등의 저서와 주요 논문으로 “산악지역돌발홍수 기준수량 결정에 관한 기초연구(2010)”, “지상 LiDAR를 이용한 토석류 발생량 추정에 관한 기초연구(2010)” 등이 있다 (kwjun@kangwon.ac.kr).

투 고 일: 2011년 03월 11일

수 정 일: 2011년 04월 08일

게재확정일: 2011년 04월 15일

Numerical Simulations of Inundation Area Using XP-SWMM

Ho Jin Lee, Chang Deok Jang, Kye Won Jun

Recently the possibility of the natural disaster has been increased around the world due to the climate change. Especially, Gangwon-do is one of the areas that the damage by storm and flood is most frequent. In 2002 and 2003, the typhoon Rusa and Maemi had generated huge losses of both life and property, resulted in increased number of natural hazard area. In this study, we analyzed the rainfall and geographical data of the Jawon-dong area, Samcheok City of Gangwon-do during the hit of typhoon Rusa, and XP-SWMM(Numerical Model) was applied to calculate the natural hazard area's river flooding and inundation range.

Key words: inundation analysis, numerical model, natural hazard area, XP-SWMM