

A Study on the Appropriateness of Practical Application of Flood Inundation Analysis in Urban Area Using the Dual Drainage Model

Yang Sil Yoon[#], Kyoung Hoon Rhee⁺, In Ho Oh

Department of Civil Engineering, Chonnam National University, 77 Yongbong-ro, Puk-gu, Gwangju, Korea

Abstract

The Ministry of Environment in Korea has recently designated and managed key management areas of flood inundation. The purpose of this study is to study the double drainage system for flood disaster prevention in order to efficiently apply the system to actual sewer system planning and maintenance. We used the parameter estimation method for simulation of the double drainage system and applied the method for continuous rainfall for simulation. We considered the efficient sewerage system for flood disaster prevention in the flood damage area according to the sewage simulation procedure by the Ministry of Environment and examined the maintenance method applied to the plan. In the future, it is necessary to establish a long-term plan to prevent disasters over 50 years, based on not only a simple simulation-based maintenance but also continuous analysis and management of flood-damaged areas.

Key words: prevention of flooding disaster, sewer system plan, dual drainage system, practical application

1. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

최근 기후변화로 인한 국지성 집중호우와 도심지역의 불투수면적 증가로 강우유출량이 급증하여 도시침수로 인한 인명 및 재산피해가 늘어나고 있으며 장래에는 더욱 심화될 것으로 예상됨에 따라 상습침수구역에 대한 근본적인 대책 마련이 필요한 실정이다.

이에 환경부에서는 하수도법에 의하여 중점관리지역 지정을 선정하여 관리하도록 하고 있다. 중점관리지역 대상지역은 하수의 범람으로 인하여 인명·재산 등

의 피해가 반복적으로 발생할 우려가 있는 지역, 하수관거의 경사 또는 용량이 적정하지 아니하여 하수의 범람으로 인한 침수 피해가 발생하거나 발생할 우려가 있는 지역, 하수의 범람으로 인하여 취수원 또는 공공수역의 수질이 악화되었거나 악화될 우려가 있는 지역으로 각 지자체별로 대상 신청을 받아 관리하도록 하고 있는 실정이다.

실제 침수현상을 재현하고 정량적인 침수해소 대책을 수립하기 위해서는 하수관망으로 유입된 후 월류되거나 처음부터 미유입된 우수유출수로 인해 발생하는 침수현상 등을 분석하여야 하며, 이를 위해서는 도로

[#] The 1st author: Yoon Yang Sil, Tel. +82-62-376-0449, e-mail, ys9900@naver.com

⁺ Corresponding author: Kyoung Hoon Rhee, Tel. +82-62-530-1656, e-mail, water@jnu.ac.kr

및 건물과 같은 시설물에 의해 변화하는 지표류를 재현하여야 한다.

최근 선진국에서는 지표면의 고도모델과 하수관망의 모델을 맵홀을 통해 연결하여 지표의 유출현상과 관로의 유출현상을 동시에 모의(이중배수체계 모델링)하고 있는데 이에 본 연구에서는 이중배수체계 모델을 이용하여 하천 홍수위, 도시지역 하수관망뿐만 아니라 지표면 흐름을 고려하여 정확한 침수해석을 수행하고자 한다.

2. 연구내용

본 연구에서는 대상지역의 지형특성을 반영한 이중 배수시스템을 연계하여 침수해석을 하기 위한 다음과 같은 연구를 수행하였다. 연구수행 방법은 <Figure 1> 연구수행 흐름도와 같으며 흐름도는 다음과 같이 설명할 수 있다.

첫째, 상습침수가 발생하고 있는 대상지를 선정하였다. 금회 연구에서는 전라남도의 무안군 해제면과 몽탄면을 대상으로 빈도별 확률 강우강도식을 산정하였다. 대상지역의 지형적 특성과 침수시의 강우분석, 침수 당시의 침수심, 침수면적 등을 조사하였다.

둘째, 대상구역의 정확한 침수구역을 산정하기 위하여 수치지도 및 GIS와 연계하여 XP-SWMM모형의 DTM(Digital Terrain model)모듈을 구축하였다. 지표 유출산정을 위한 모듈이 구축되면 모형 안의 경계조건

들을 위한 외수위, 하수관망 시스템 등을 산정하였다. 지표면 흐름을 이중배수체계 모형(XP-SWMM)을 이용하여 침수당시의 강우를 입력변수로 해서 침수량을 산정하였다. 하천 외수위는 하수도시설기준(Ministry of Environment, 2011)을 고려하여 하천 계획홍수위를 적용하였다.

셋째, 총 4차례의 유량조사를 실시하였으며, 이를 통해 모형의 보정 및 검증을 실시하였다. 모형의 보정 및 검정을 위한 각 매개변수의 민감도를 검토하였으며, 시행착오법을 통하여 모형의 보정을 시도하였다.

넷째, 외수위, 하수관망 시스템, 지표면 흐름을 이중 배수체계 모형(XP-SWMM)을 이용하여 빈도별로 연계 해석함으로써 정확한 침수피해를 야기할 수 있는 홍수 빈도를 산정하였다. 하천 외수위는 하수도시설기준(Ministry of Environment, 2011)을 고려하여 하천 계획홍수위를 적용하였다.

다섯째, 빈도별 확률 강우강도식을 산정하였다. 이를 통해 30년, 50년 빈도별 확률강우량을 ABM분포를 이용하여 모형에 적용하였다. 확률빈도 30년, 50년을 대상으로 시뮬레이션을 실시하였으며, 이를 통해 각각의 빈도별 홍수량에 대한 침수구역의 변화양상을 분석하고 가시적인 침수구역을 표현하였다.

여섯째, 첫 번째 대상구역에 적용한 방법과 동일하게 두 번째 대상구역에 적용하여 침수량 산정이 유사한지

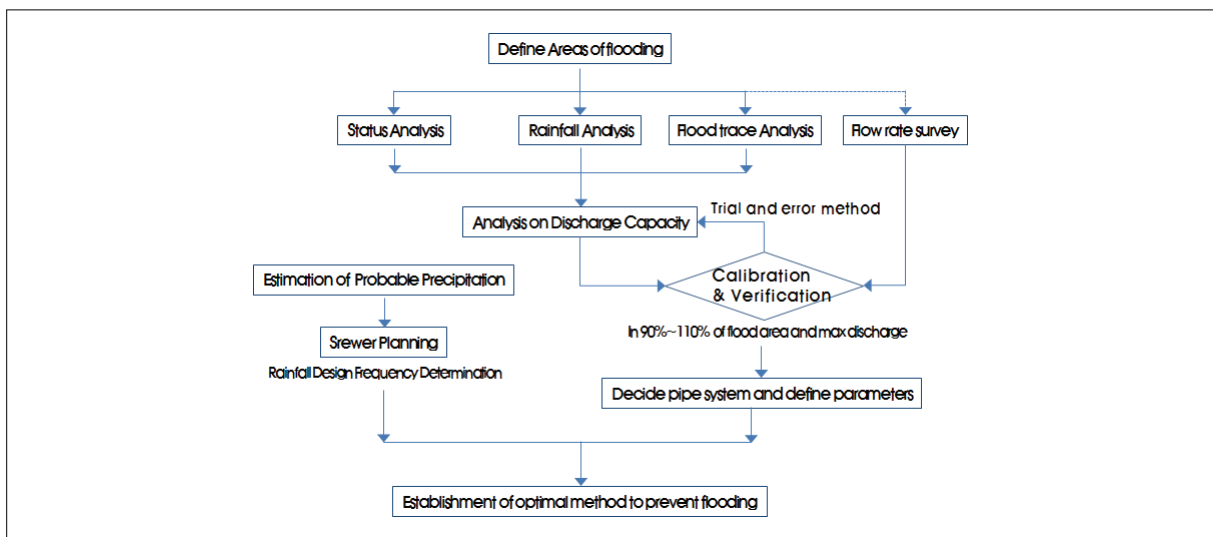


Figure 1. The flow chart of the research

를 최대유량과 침수면적으로 검·보정 하였으며, 검·보정된 대상구역의 실무에 적용되는 기법을 사용하여 침수방지대책을 계획하고, 이 계획의 적절성을 확인하기 위하여 30년, 50년 빈도 확률강우량을 적용하여 침수구역의 발생여부를 확인하였다.

II. 선행연구

도시지역에서의 SWMM모형을 이용한 연구로는 도시유출해석 모형인 SWMM과 ILLUDAS모형을 이용하여 도시구역의 홍수유출해석을 실시하였고(Ahn & Jeong, 1996), SWMM모형을 이용하여 도시 배수관망의 수문학적 평가와 불투수 면적의 점증(漸增)에 대한 설계유량을 연구하였다(Park & Ryu, 1996). 도시구역의 내배수시스템의 설계를 위한 유출 특성 분석을 SWMM모형을 이용하여 실시한바 있다(Choi & Lee, 2000). 또한 도시지역의 유출 특성과 내배수 처리시설인 배수펌프장의 유·무에 따른 배수관로의 통수능 및 침수가능성을 분석하였다(Park, *et. al.*, 2004).

지표범람에 대한 연구는 주로 비도시 지역에서의 댐 및 제방 파괴를 중심으로 수행되어 왔으며, GIS를 기반

으로 한 도시지역의 침수해석에서 내배수시스템과 지하공간의 침수해석을 연계하여 실시한바 있다(Lee, 2005). 도시구역에서의 유출해석에 관한 연구에서 GIS를 이용하여 산정한 매개변수를 유전자 알고리즘을 통해 결정하고 이를 XP-SWMM모형에 적용한 바 있다(Chae, 2004).

외수위의 영향을 고려한 하수관로의 통수능 평가방법에 관하여 기술하였으며(Lee, 2011), 자동 유량-수질 모니터링 시스템을 이용한 도시구역 강우 시 SWMM 유역모델의 보정 및 검증에 관한 연구를 수행하였다(Bang, 2011).

도시지역 홍수예보를 위한 SWMM모델의 민감도 분석, 도시구역 하수관망의 매개변수 민감도 분석을 검토하여 각 모델의 검·보정을 위한 연구를 수행하였다(Wei, 2012; Park, 2013).

III. 연구방법

1. 이중배수체계 모델링 기법

1) 이중배수체계

과거 내수침수의 모의에 사용되던 모델들은 하수관

Table 1. Application of the present study according to the result of the research

	The result of the research	The Present study
A Study on the Sensitivity Analysis of SWMM model for Urban Flood Forecasting (Wei, 2012)	<ul style="list-style-type: none"> • The sensibility to the concavity storage of the impervious area and permeable area is low. • The peak runoff discharge due to the change of the parameters is not big. 	<ul style="list-style-type: none"> • The parameters of impervious area and permeable area are used by calibration and verification.
	<ul style="list-style-type: none"> • The case of the simulating the small drainage should be judged by being careful • When building input data, The detailed field survey should be judged by performing of the watershed area, impervious · permeable area ratio. 	<ul style="list-style-type: none"> • The present research area is bigger than the other research area. Accordingly surveying four times field data for the estimation of optimal parameters.
	<ul style="list-style-type: none"> • The optimal estimation of parameters based on the different types of the rainfall events should be expected by using urban runoff model for urban flood forecasting. 	<ul style="list-style-type: none"> • For practically use urban runoff model for specific urban area flood forecasting, it will use the different types of the rainfall events.
Sensitive Analysis of Parameters for Urban Sewer Network Using SWMM Simulation Model (Park, 2013)	<ul style="list-style-type: none"> • The Huff distribution method and Yen-chow method may have the same sized frequency runoff. • The result of ABM is bigger than the result the other method. So this method is inappropriate to runoff simulation in the small urban drainage. 	<ul style="list-style-type: none"> • This research is choosen the ABM. Because the result of ABM is bigger than the result of the Huff distribution method.
	<ul style="list-style-type: none"> • The impervious rate is judged to be sensitive. • It is judged that the roughness of coefficient of the sewer pipe does not greatly affect the flow rate. 	<ul style="list-style-type: none"> • It is used the normal practical roughness of coefficient. Because the roughness of coefficient is not sensitive to runoff.

로의 맨홀을 통해 과부하되는 지표월류수를 맨홀 상부에 가상의 저류조가 있다고 가정하고 가상의 저류조에 저장되는 유량을 홍수량으로 적용하였다. 이러한 모델에서 맨홀을 통해 월류된 홍수량은 마이너시스템에서 없어지게 되는 유량으로 가정되거나, 마이너시스템으로의 유입량이 저감되어 마이너시스템의 허용량이 발생함에 따라 해당 맨홀을 통해 다시 하수관로로 유입하는 유량으로 모의되었다. 최근 선진국에서는 지표면의 고도모델과 하수관망의 모델을 맨홀을 통해 연결하여 지표의 유출현상과 관로의 유출현상을 동시에 모의하고 있다. 메이저시스템과 마이너시스템의 흐름을 동시에 모사함으로써, 지표로 유출된 홍수량은 지표면을 따라 흐르게 되며 하수관로의 통수능이 회복되는 지점 등을 통해 다시 관로로 진입하는 모사가 가능하다. 현재 이중배수체계의 모의가 가능한 상업용 모델은 여러 가지 중 크게 세 개의 모델을 들 수 있다. 그 중 본 연구에서는 XP-SWMM 2D를 시뮬레이션 모델로 결정하였다.

2) TUFLOW 모형

XP-SWMM은 TUFLOW의 2D 기능을 1D 기능과 연계된 모형으로 지표흐름의 동적 해석을 통해 표면류 흐름 방향, 깊이, 속도에 대한 2차원 결과를 제공하고 있다 (WBM, 2016). TUFLOW의 적용 범위는 광역 유역 및 매우 불규칙한 격자에서도 적용이 가능하며, 입력조건으로 지형자료인 DEM과 상류경계조건 유량, 하류경계조건 수위를 이용하여 침수면적, 침수심과 같은 침수결과를 도출하게 된다. XP-SWMM은 St. Venant Dynamic 방정식을 적용하여 동적인 해석을 수행하게 되고 노드의 저류, 월류, 시계열 수위변화에 대한 결과를 도출할 수 있다.

2. 모델구축

1) 표면유출모델 구축

본 연구에서 사용한 표면유출모델은 수치지형도 (1:5000)와 하수도대장도를 활용하여 주요 도로, 등고선, 경작지대 고도 등을 추출한 후 수치표고모델을 구축하였다. 모형의 격자크기는 한 격자당 15m를 넘지 않

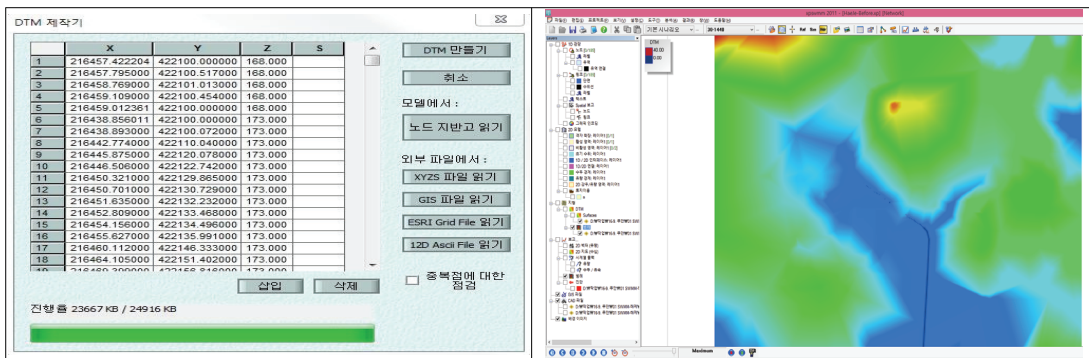


Figure 2. DTM maker(XP-SWMM)(Haejae-myun)

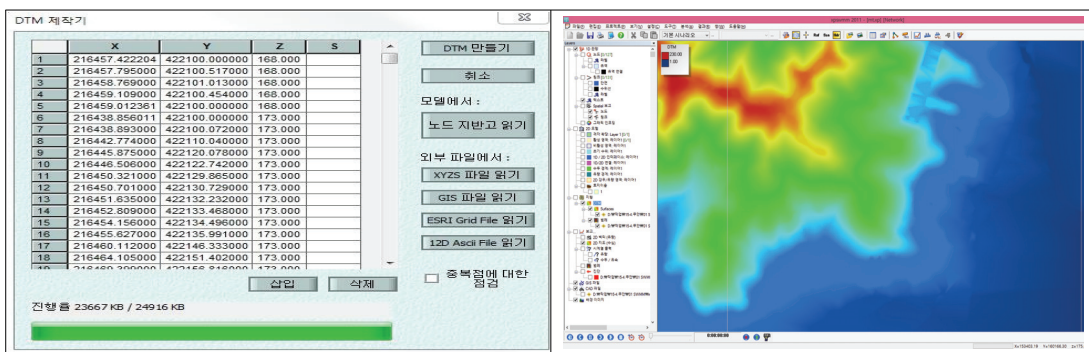


Figure 3. DTM maker(XP-SWMM)(Mongtan-myun)

도록 하였으며, 대상지역의 표면은 상류의 산지부분은 투수지역, 하류 시가지는 불투수 지역으로 가정하여 Manning 조도계수는 투수지역 0.03, 불투수지역 0.014로 설정하였다.

2) 관로유출모델 구축
관로유출 시뮬레이션 모델 구축을 위해서 연구대상 지역의 하수도시스템 관망자료, 지형도를 바탕으로 소유역 자료와 관망 자료를 구성하였다.

Table 2. The input data of the pipe system

Configuration	Drainage Area(ha)	sub-drainage(EA)	Node(EA)	Link(EA)
Haejae-myun	243.7	190	190	194
Mongtan-myun	76.7	154	157	148

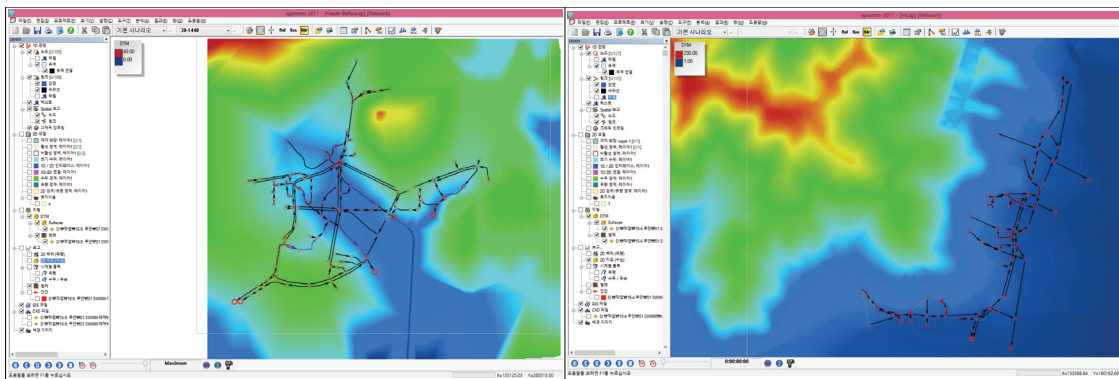


Figure 4. The construction result of the pipe network data

3) 모델의 매개변수 구축

모델의 매개변수 설정시 도시지역 홍수에보를 위한 SWMM모델의 민감도 분석(Wei, 2012)과 도시유역 하수관망의 매개변수 민감도 분석(Park, 2013) 논문에서 불투수율에 대한 민감도는 증감을 보여 불투수율은 민감하게 반응하는 것으로 분석되었으며, 하수관의 조도계수는 유출량의 변화가 생기지 않아 하수관의 조도계수는 유출량에 크게 영향을 주지 않는 것으로 분석된다. 내용을 인용하여 손실기법의 경우 저류 불투수지역과 투수지역의 경우 XP-SWMM 기술참조매뉴얼상의 각 요면저류깊이 범위의 평균값을 최초 모의에 적용하였다. 조도의 경우는 수자원 실무설계(한국수자원공사)의 표면상태별 조도계수 값을 범위 내에서 평균값을 적용하여 최초 모의에 적용하였다. 격자확장은 하드웨어 발전에 따라 기준 격자망인 15m×15m보다 작은 7.5m×7.5m로 적용하여 최초 모의에 적용하였다. 격자망의 한 셀의 크기의 축소로 좀 더 정확한 표면유출 해석이 될 것이라 분석되었다.

3. 모델의 검·보정

1) 유량조사

본 연구에서 우천시 하수의 발생 특성을 파악하여 모델 검·보정 자료로 활용하기 위하여 해제면, 몽탄면의 방류 하천에서의 유량측정을 실시하였다. 유량계를 이용한 유량측정을 시행했으며, 4회(5mm이상, 선행 무강우 일수 3일 이상의 유효 강우시)를 수행하였다. 유량조사는 10분 간격의 연속측정으로 이루어졌으며, 해제면은 양간천, 몽탄면의 대치천의 최종방류구 위치에서 측정하였다.

2) 모의 결과의 검·보정

본 연구에서는 우선적으로 해제면을 대상으로 검·보정을 시행착오법으로 시행하였으며, 유량측정 조사 일정과 동일한 목포기상대의 측정 강우량 자료를 사용하여 유량의 침투치와 유량패턴을 중심으로 검·보정을 수행하였다.

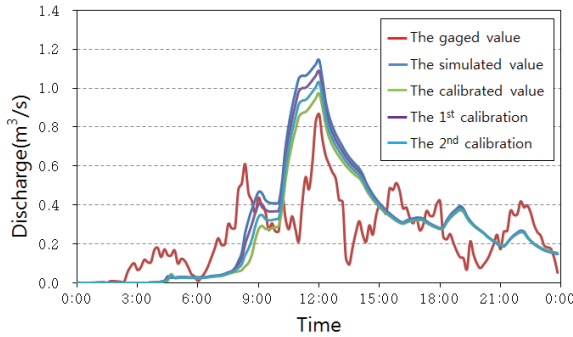


Figure 5. The result of calibration by the trial and error method

Horton의 초기침투능과 중기침투능의 최대·최소 값 범위 내에서 초기설정값인 평균값과 최대값사이의 30% 되는 값을 1차 보정값으로 그리고 60% 되는 값을 2차 보정값으로 선정하여 계산해 보았다. 계산결과 초기침투능 최대값에서 실측값과 가장 유사하게 계산되었고, 중기침투능도 마찬가지로 최대값에서 실측값에 가장 유사하게 계산되었다.

Table 3. The result of calibration by the trial and error method

Configuration	The gaged value	The simulated value		
		The 1 st calibration	The 2 nd calibration	The 3 rd calibration
discharge(m ³ /s)	0,868	1,088	1,030	0,973
The max of flow rate(%)	100,0	125,3	118,7	112,1

(1) 1D 관로유출 검·보정

최대유량값의 실측값과 모의값의 차이는 약 ±10%정도를 나타내고 있으며, 시간에 따른 유출량 패턴이 유사한 것으로 나타내고 있다. 무안군 자체 기상대가 없기 때문에 적용한 인근 목포기상대와의 거리차 등을 고려하였을 때 검·보정은 적절히 이루어진 것으로 분석되었다.

흔적도상의 침수흔적과 침수면적 사이의 차이는 거의 없는 것으로 검토되었다. 또한, 관로유출모형에 의한 시뮬레이션 결과는 관로 및 맨홀제원과 수치지도에 의한 지표면의 표고만 고려하여 도출된 결과이므로 실제 침수구역과 명확히 일치하는 것이 어려우며, 관로의 노후 및 파손, 관로의 침전 및 부유물에 의한 통수단면 축소, 실시간 강우의 변화 등을 모형에 적용할 수 없는 제약이 따른다.

(2) 2D 표면유출 검·보정

표면유출(2D) 검·보정결과 설문조사에 의한 침수

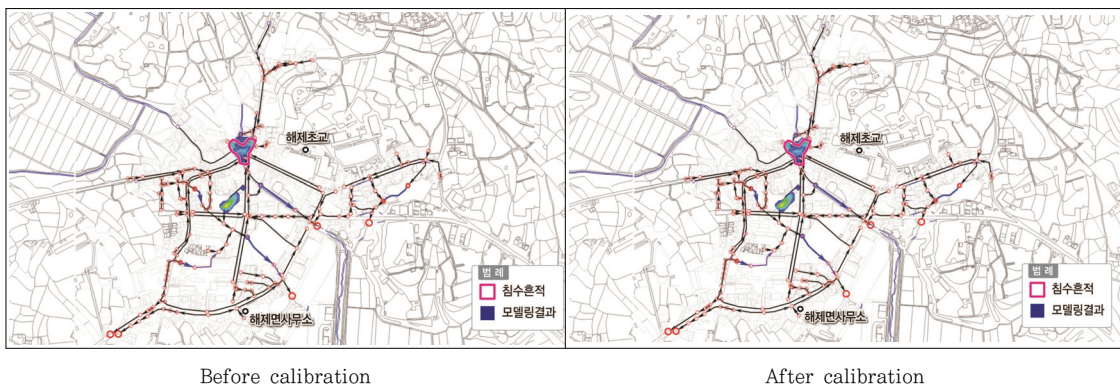


Figure 6. The result of calibration in the surface runoff

IV. 침수해석 비교 평가 분석

1. 내수침수 평가

1) 적용 강우사상

Thiessen망을 고려하여 연구대상 인근 목포 관측소의 20개년(1995~2014년)간 강우자료를 대상으로 강우분석을 수행하여 확률강우량을 산출하였다. 산출된

확률강우강도의 경우 관련계획 강우강도식에 의한 확률강우량과 비교하여 강우지속시간인 1,440분에서 가장 큰 값을 나타내는 금회 산정 강우강도식을 반영하였다. 구한 강우강도값에 대한 시간분포를 위하여 최근 실무에서 사용하고 있는 Huff 분포와 ABM(교호블록방법) 두 가지를 비교·검토하여 선정하였다.

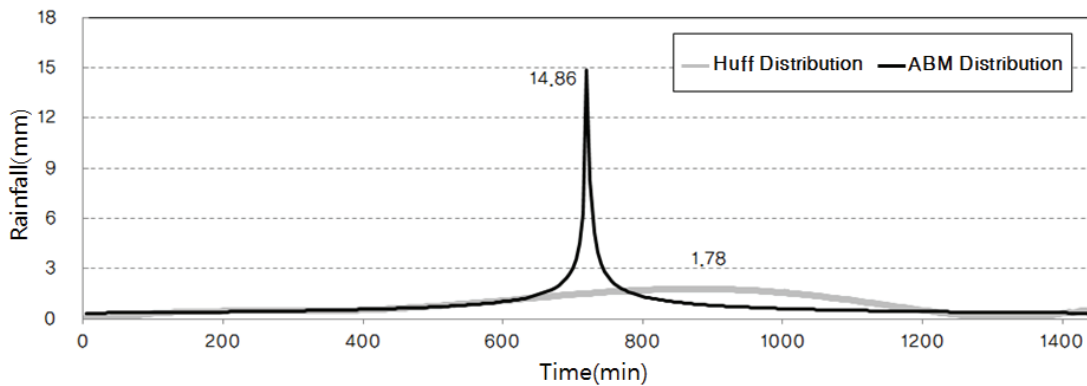


Figure 7. The comparison of the huff distribution and the ABM distribution for duration 1440 min

HUFF 분포법의 경우 지속시간이 길어짐에 따라 침수강우량이 줄어들어 과소 설계되는 결과를 나타내고 있으나, 반면 ABM법에 의한 분포는 강우강도공식에서 산출한 강우량을 분포시키므로 지속시간에 관계없이 계획빈도와 동일한 강우량이 분포된다.

계획빈도에 따른 강우강도는 본 하수도정비 중점관리지역의 침수방지시설 설계를 위한 기준요소로서 적용되므로 IDF곡선으로부터 산정된 강우량을 이용하여 강우주상도를 생성하여 계획빈도와 동일한 강우강도를 반영하는 ABM법을 강우시간분포 방법으로 결정하

였다.

2) 내수침수 발생평가

금회 연구대상 구역 중 해제면에 대해 이중배수체계 시뮬레이션 분석을 수행하여 확률빈도별 침수지역 및 침수우려지역을 검토하였다. 시뮬레이션 해석을 통해 침수원을 분석하였으며, 이를 통해 침수원인별 침수해소 계획을 수립하고자 하였다.

(Figure 8)에서 나타냈듯이 기존 하수도시스템 배수능력 모의(30년, 50년빈도-강우분포: ABM법) 결

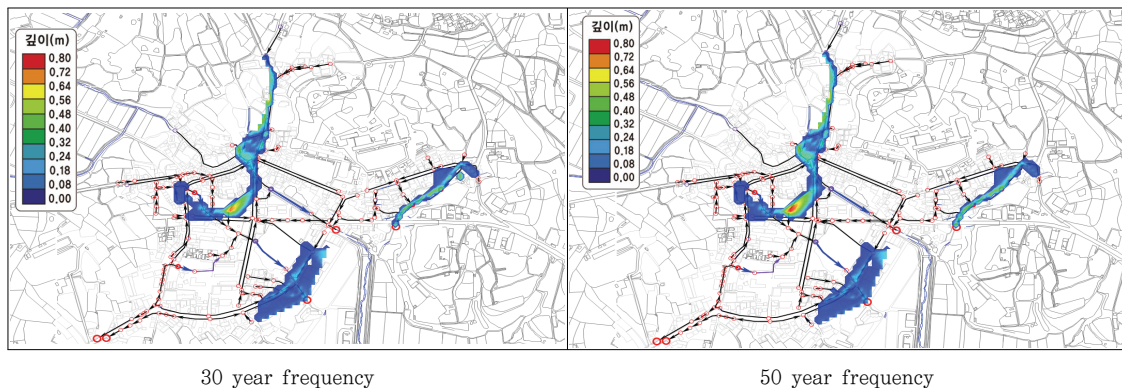


Figure 8. The flood hazard map by the return period(Haejae-myun)

과 대부분의 구간에서 통수능력 부족에 따른 내수침수가 발생하고 있으며, 30년 빈도 침수면적은 3.75ha이 나 50년 빈도 침수면적은 3.95ha로 0.2ha정도 증가하였고, 침수심은 30년 빈도에서 0.5m에서 50년 빈도시 0.8m로 0.3m 증가된 것으로 분석되었다. 재현 빈도 증가에 따라 침수심은 증가하지만 침수면적은 전체 침수면적에 대하여 유사하게 나타나는 것으로 분석되었다.

Table 4. The result of calibration by the trial and error method (Haejae-myun)

Configuration	30 year frequency	50 year frequency
Flooded area(ha)	3.75	3.95
The max of submerged depth(m)	0.5	0.8

2. 침수해소 방안

침수를 해소하기 위한 하수도시설 정비방안은 간선·지선관로의 개량 및 신설에 따른 통수능력 확보로 귀결되면, 이에 따라 침수해소방안을 검토하였다.

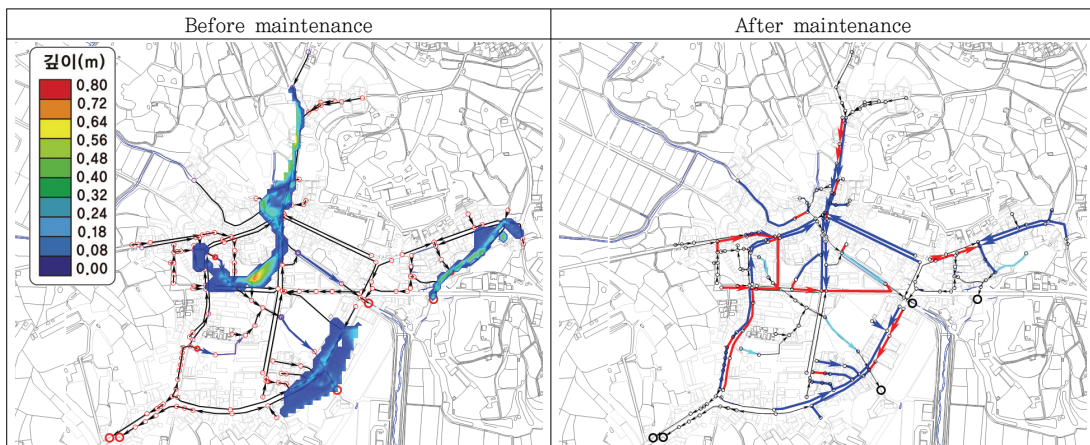
〈Figure 9〉에 나타난 통수능 부족관로를 대상으로 관경확대 및 경사조정 등을 실시하여 통수기능을 회복하는 방안으로 주요 시설계획은 다음의 〈Table 5〉와 같이 계획하였다.

V. 효율적인 하수관로 정비방안

앞서 내수침수 평가에 따른 침수해소 방안을 설정하였다. 이와 같은 방법으로 해제면과 지형적으로 유사한 동탄면에 대하여 적용해 보았다.

Table 5. The main pipe specification of maintenance plan(Haejae-myun)

Configuration		Maintenance plan	Remark
Total		5,776	
Substitute(m)	Circular pipe	580	
	Culvert	2,893	
Demolition(m)	Circular pipe	494	
	Culvert	215	
Creation(m)	Circular pipe	110	
	Culvert	1,484	



· Flooded Area: 3.75ha · Max of submerged depth: 0.5m · Flooded Area: -ha · Max of submerged depth: -m

Figure 9. Pile network maintenance plan(Haejae-myun)

1. 모형의 검·보정

해제면에 적용한 방법과 동일한 방법으로 실측된 유량조사값을 이용하여 관로유출 검·보정을 시행하였다.

유출량의 경우 실측값 0.304m³/s에서 1차 보정 0.322m³/s, 2차 보정 0.317m³/s, 3차 보정 0.311m³/s로 최종 보정되었으며, 최대유량비의 경우 100%에서 1차 보정 94.4%, 2차 보정 95.9%, 3차 보정 97.7%로 최종

보정되었다. 검·보정 결과 데이터 차이가 89.8%~112.1%로 변화가 있지만, 전체적으로 유사한 경향을 나타내고 있으며, 기상대와의 거리차 등을 고려하였을 때 검·보정은 적절하게 이루어진 것으로 분석되었다고 판단된다. 2016년 9월부터 10월까지 4차례에 걸친 강우-유량 측정결과를 토대로 검토한 사항은 다음의 <Table 6>과 같이 정리하였다.

Table 6. The result of calibration and verification by the trial and error method

Configuration	Term	Max of runoff(m ³ /s)		The graph of discharge	
		Gaged	0.304		
Calibration	2nd Rainfall	2016. 09.30	Simulated	Before Calibration 0.328 (107.9%)	
			After Calibration 0.311 (102.3%)		
Verification	1st Rainfall	2016. 09.16	Gaged	0.025	
			Simulated	0.030 (120%)	
Verification	3rd Rainfall	2016. 10.16	Gaged	0.815	
			Simulated	1.214 (148.9%)	
Verification	4th Rainfall	2016. 10.25	Gaged	0.196	
			Simulated	0.251 (128.0%)	

2. 적용대상의 내수침수 평가

〈Figure 10〉에서 나타냈듯이 기존 하수도시스템 배수능력 모의(30년, 50년 빈도-강우분포: ABM법) 결과 대부분의 구간에서 통수능력 부족에 따른 내수침수가 발생하고 있으며, 30년 빈도 침수면적은 8.61ha이나 50년 빈도 침수면적은 9.27ha로 0.65ha정도 증가하였고, 침

수심은 30년 빈도에서 0.39m에서 50년 빈도시 0.41m로 0.02m 증가된 것으로 분석되었다. 재현빈도 증가에 따라 침수면적은 증가하지만 침수심은 전체 침수심에 대하여 유사하게 나타나는 것으로 분석되었다. 이는 몽탄면의 침수가능지역이 대부분 평지와 같아 침수심의 약간의 변화에도 침수면적이 넓어짐을 알 수 있다.

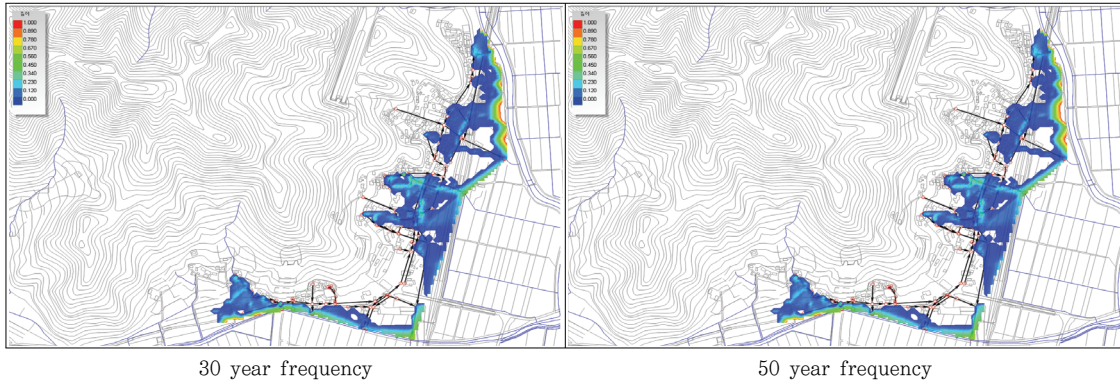


Figure 10. The flood hazard map by the return period(Mongtan-myun)

3. 적용대상의 침수해석 방안

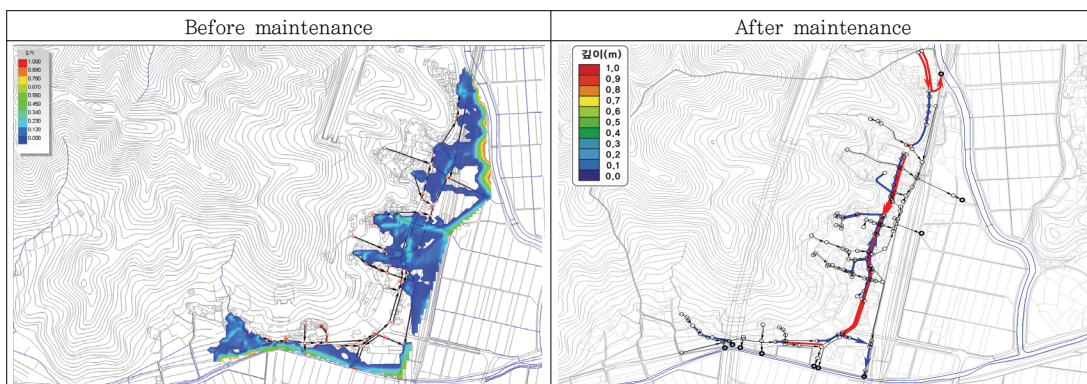
연구대상인 몽탄면은 불규칙한 관로의 중단선형에 따른 통수기능 저하로 우천시 배수불량 및 역류가 유발되는 것으로 검토되었다. 따라서 침수를 해소하기 위한 정비방안은 간선·지선관로의 개량 및 신설에 따른 통

수능력 확보로 귀결되며, 이에 따라 침수해소 방안을 다음과 같이 검토하였다.

〈Figure 11〉에 나타난 통수능 부족관로를 대상으로 관경확대 및 경사조정 등을 실시하여 통수기능을 회복하는 방안으로 주요 시설계획은 다음의 〈Table 7〉와 같

Table 7. The main pipe specification of maintenance plan(Montan-myun)

Configuration		Maintenance plan	Remark
Total		2,458.7	
Substitute(m)	Circular pipe	335.6	
	Culvert	1,264.4	
Creation(m)	Circular pipe	-	
	Culvert	858.7	



• Flooded Area: 8.61ha • Max of submerged depth: 0.39m • Flooded Area: -ha • Max of submerged depth: -m

Figure 11. Pile network maintenance plan(Montan-myun)

이 계획하였다.

30년 빈도의 확률강우량을 적용한 시뮬레이션에서 정비전의 침수면적 8.61ha와 최대침수심 0.39m는 관로 개량에 의하여 모두 해소되었음을 모형 분석 결과로 알 수 있었다. 이 결과는 실무에서 사용되는 기법을 사용한 침수방지대책계획을 세운 적절한 예가 될 수 있으며, 상기 과정에 의한 계획수립은 향후 침수방지대책의 최적방안을 수립하기 위한 좋은 결과를 얻은 것으로 분석되었다.

VI. 결론

본 연구는 이중배수체계 모델을 이용하여 미계측유역의 침수구역 해석에 관한 연구로서 실제 측정값과 검·보정을 통하여 홍수량을 산정하였으며, 하천의 홍수위 영향에 따른 내수침수모의를 실시하여 그 결과를 유역도에 가시적으로 명확하게 나타내는 과정에서 다음과 같은 연구결과를 도출하였다.

첫째, 이중배수체계 모델인 XP-SWMM모형을 이용하여 도시지역의 내수침수를 해석하였으며, 모형의 검증을 위해 2016년 9월~2016년 10월 강우 및 유량조사를 실시하고 조사결과에서 얻은 실측자료로 검·보정을 실시하여 시행착오법에 의한 실측치와 최대유량, 기침수면적과 모의된 침수면적의 각각의 90%~110% 범위내로 산정하여 보정하고 검증을 3차에 의하여 수행하였다. 그 결과 90.0%~109.7% 사이의 값으로 계산하여 모형의 신뢰성을 확보할 수 있었다. 실측치에 대한 모의 결과는 목표한 신뢰범위 내에서 적절하게 모의된 것으로 분석되었다.

둘째, 강우자료를 획득하여 확률빈도별로 강우강도를 유도하여 확률빈도별 홍수량을 산정하였다. 확률강우량 산정시 지속시간이 길어짐에 따라 첨두강우량이 줄어들어 과소우수량이 산정되는 Huff분포법 보다는 지속시간에 관계없이 계획빈도와 동일한 강우량이 분포되는 ABM법을 이용하여 강우 분포를 산정하여 모델에 적용하는 것이 실질적으로 안정적인 계획우수량 산

정이 된다는 결과를 얻었다. 최근 침수해소 예방연구에서 적용되는 ABM법을 이용하여 강우 분포를 산정하여 모델에 적용한 것은 실무 적용시에 권장할 사항이라고 분석되었다.

셋째, 도시구역의 정확한 침수구역을 산정하기 위하여 수치지도 및 GIS와 연계하여 XP-SWMM모형의 DTM(Digital Terrain model)모듈을 구축하였다. DTM 구축시 XP-SWMM에서 요구하는 격자망의 크기를 15m×15m보다 작은 격자의 7.5m×7.5m 격자로 구현하여 지표유출 계산에 신뢰성을 확보하였으며, 확률강우량도 산정시 기존 연구내용들을 비교하여 '지역별 방재성능목표 설정기준'에 의한 큰 값을 선정하였다. 확률빈도 30년, 50년을 대상으로 시뮬레이션을 실시하였으며, 이를 통해 각각의 빈도별 홍수량에 대한 침수구역의 변화양상을 알 수 있었다. 또한, DTM모듈을 구축함으로써 주요지점의 침수심을 산정할 수 있었으며, 가시적인 침수구역을 표현하는데 기존 침수구역과 비교하여 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 이에 향후 이와 같은 과정에 의한 침수구역 표현이 가능하며 좀 더 점진적인 침수방지대책을 수립하는데 기여할 것이라 분석되었다.

넷째, 공학적인 측면에서 본 연구결과를 실무 적용시 적절성을 확인하기 위하여 XP-SWMM의 실무에서 사용하는 다양한 기법을 적용하여 침수방지대책을 계획해 봤으며 이는 침수방지대책을 계획하는데 적절한 방법의 예제가 될 수 있을 것이라 분석된다. 기존 30년, 50년 빈도 확률강우강도에도 대상유역의 침수에 대한 안전성을 나타내는 결과가 도출되어 본 연구의 결과가 침수방지 대책에 대한 최적방안을 수립했다고 분석할 수 있었다.

본 연구는 현행 국내에서 실시되고 있는 침수방지 대책 수립에 관하여 실제로 침수예방 대책이 수립되어져야 하며, 이를 위해서는 대책수립 구간에 대한 정밀한 조사를 병행하고 이를 통해 모형의 해석에 대한 검증 및 보증이 이루어져 실제 여건에 맞는 방지대책이 수립되어 시민의 안전성을 확보해야 할 것이다.

당해 연구는 미계측지역을 대상으로 모델의 검·보정이 실시되어 모델의 적합성을 검토했으며, 이에 따라 침수대책 수립에 있어서 최적방안을 모색한 연구이므로 향후, 또 다른 지역의 침수방지를 위해서는 지역의 현황, 대책수립 불능, 지역주민의견 등을 반영한 경제적인 대책이 수립되어야 할 것이다.

추후, 도시유역에서 발생할 수 있는 침수대책에 대한 연구와 그간의 실무에 적용된 사례를 중심으로 분석된 결과의 적용성과 그 적용된 내용의 적절성을 검토한다면 최적화된 도시 방재를 위한 기초자료가 될 것으로 사료된다.

References

- Ham, Chang Hak. 1996. A Fundamental Study on an Extraction of the Hydro-Parameter by Using Geographic Information System. Ph.D. Dissertation. Chungbuk National University.
- Han, Kun Yeun, Chang Hee Lee, and Gyu Hyun Choi. 2004. Urban Zone Flood Analysis Considering Drainage System. *Disaster Prevention Research Center*. 4(3): 133-138.
- Han, Kun Yeun, Kwang Sub Kim, and Jae Hong Park. 2003. *The Cause of Domain Urban Flooding's Research and Analysis*. FFC-03-09. Urban Flood Disaster Management Research Center.
- Jo, Deuk Jun. 2014. The Applicability on the Urban Flood Forecasting System of the Flood Nomograph. *Korean Society of Hazard Mitigation*. 14(6): 421-425.
- Kang, Ho Young, Min Seok Kim, Sung Hwan Hwang, and Young Il Mun. 2015. Sensitivity Analysis of Watershed Segmentation Method and Simplification of Sewer Line Information of SWMM Model. *Proceedings of Korean Society of Hazard Mitigation Conference*. 14: 66.
- Phillips, B. C., S. Yu, G. R. Thompson, and N. Silva de. 2005. 1D and 2D Modelling of Urban Drainage Systems Using XP-SWMM and TUFLOW. *Proceedings of 10th International Conference on Urban Drainage, Copenhagen/ Denmark*. 21-26.
- Son, Tae Seok, Dong Ho Kang, Jeong Kyeung Jang, and Hyun Seok Shin. 2010. The Analysis and Assessment for Urban Inundation Vulnerability Based on SWMM Modeling. *Korean Society of Hazard Mitigation*. 10(4): 105-117.
- Syme, W. J., M. G. Pinnell, and J. M. Wicks. 2004. Modelling Flood Inundation of Urban Areas in the UK Using 2D/1D Hydraulic Models. *Proceedings of 8th National Conference on Hydraulics in Water Engineering*. 13-16.
- Yang, C. R. and C. T. Tasi. 2000. Development of GIS Based Flood Information System for Floodplain Modeling and Damage Calculation. *Journal of the American Water Resources Association*. 36(3): 567-577.

Korean References Translated from the English

- 강호영, 김민석, 황성환, 문영일. 2015. SWMM모형의 유역분할 방법 및 하수관로 정보 단순화에 따른 민감도 분석. 한국방재학회 학술발표대회논문집. 14: 66.
- 손태석, 강동호, 장종경, 신현석. 2010. SWMM을 이용한 도시 지역 내수침수 취약성 평가. 한국방재학회논문집. 10(4): 105-117.
- 조덕준. 2014. Flood Nomograph의 도시침수예보에의 적용성. 한국방재학회논문집. 14(6): 421-425.
- 한건연, 김광섭, 박재홍. 2003. 국내 도시홍수 침수원인 조사 및 분석. FFC-03-09. 도시홍수재해기술연구연구단.
- 한건연, 이창희, 최규현. 2004. 배수체계를 고려한 도시지역 침수해석 모형. 방재연구논문집. 6(3): 133-138.
- 함창학. 1996. 지리정보시스템(GIS)을 이용한 수문지형정보 추출에 관한 기초적 연구. 충북대학교 박사학위논문.

Received: Jun. 30, 2017 / Revised: Aug. 2, 2017 / Accepted: Aug. 21, 2017

이중배수체계 모델을 이용한 도시침수해석의 실무적용 적절성에 관한 연구

국문초록 환경부는 지난 침수피해규모를 파악하여 중점관리지역을 지정하고 관리하는 방안을 최근 적용하고 있다. 침수피해를 방지하기 위하여 침수대응 하수도 시뮬레이션 수행절차에 따라 대책방안을 수립하였다. 본 연구는 최근 연구가 진행된 침수재해 방지를 위한 이중배수체계에 관한 연구를 하수관로 계획 및 정비방법을 효율적으로 실무에 적용하는데 목적이 있다. 여러 가지 방안에 대하여 연구된 연구자료를 바탕으로 이중배수체계 모의를 위한 매개변수 추정을 효율적으로 실무에 적용하기 위한 방안을 선택하였으며, 모의에 적용된 강우연속사상에 대한 방법 또한 실무에 적용하기 위한 효율적인 선택을 채택하였다. 환경부의 침수대응 하수도 시뮬레이션 수행절차에 따른 침수재해 방지를 위한 효율적인 하수관로 계획을 고려하고, 적용된 정비방법에 관하여 고찰해 보았다. 향후 이와 같은 침수피해 대상지역에 대한 지속적인 해석과 관리에 의하여 단순 시뮬레이션에 의한 정비방안 대책뿐만 아니라 유지관리 및 30년, 50년 빈도뿐만 아니라 그 이상에서도 재해에 방지할 수 있는 계획이 수립되어야 한다.

주제어 : 침수재해방지, 하수관로계획, 이중배수체계, 실무적용

Profiles **Yang Sil Yoon** : He complete doctoral course at Chonnam National University. Now, He is serving as CEO at Mirae construction safety.Inc. His interesting subject and area of research is slope safety, water quality management, weather changement, GIS(yys9900@naver.com).

Kyoung Hoon Rhee : He received his Ph.D. from University of Missouri, USA. He is a professor of the Department of Civil Engineering at Chonnam National University. The Hydrological analysis about river, The Hydraulic analysis about fluid flow, Environmental impact assessment(water@jnu.ac.kr).

In Ho Oh : He complete doctoral course at Chonnam National University. Now, He is serving as korea rural community construction Inc. His interesting subject and area of research is slope safety, water quality management, weather changement, GIS(barowa@ekr.or.kr).