

부정류 흐름 모형을 이용한 농경지 배수개선계획 분석

강재원
경성대학교

Analysis of Drainage Improvement Plan in Paddy using Unsteady Flow Model

Jaewon Kang
Kyungsung University

요약 배수개선사업은 안전영농을 도모하는 것이지만 사업 시행 후에도 원활한 배수가 이루어지지 않아 농경지의 부분적인 침수가 발생하는 등의 문제가 있다. 본 연구에서는 부정류 해석 모형(SWMM)을 적용하고 소유역의 상황을 반영해서 배수개선사업의 설계에 대해 분석하고 대상지구 침수 피해를 경감시킬 수 있는 유수지 및 배수장 펌프 용량에 따른 영향을 검토하였다. 유역 집중형 네트워크 분석은 소유역의 유출이 본류로 직접 유입되고 배수장 유수지에 유역 전체의 내용적을 부여하였다. 소유역 분산형 네트워크 분석은 본류의 흐름상황에 소유역이 영향을 받으며 각 소유역별로 내용적을 부여하였다. 기존 분석이나 유역 집중형 네트워크 분석의 경우와는 달리 소유역 분산형 네트워크 분석의 경우에는 70 cm 이상의 침수가 배수개선 사업 후에도 발생할 가능성이 있는 것으로 분석되었다. 유수지의 면적 변화는 70 cm 이상의 침수상황 해소에 영향을 미치지 못하였으나 펌프 용량을 60.7% 향상시킨 경우 이를 해소시킬 수 있었다. 따라서 배수개선 설계 및 분석을 위해서는 소유역 분산형 네트워크를 구성하고 흐름지체 등을 고려할 수 있는 부정류 해석을 도입하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

Abstract Although the purpose of a drainage improvement project is to promote safe farming, partial flooding in paddy occurs due to insufficient drainage even with this project implemented. In this study, an unsteady flow analysis model was used and the design of the drainage improvement project was analyzed by considering the situation of sub-catchments. In addition, the effect of the capacity of the drainage reservoir and the capacity of drainage pumps to reduce the flooding damage in the study area was reviewed. In the catchment-intensive network analysis, the outflow of the sub-catchment flows directly into the mainstream, and the entire catchment volume is assigned to the drainage reservoir. On the other hand, in the sub-catchment distributed network analysis, each sub-catchment is affected by the flow status of the mainstream, and sub-catchment volume is assigned to each sub-catchment. Moreover, in the case of the sub-catchment distributed network analysis, unlike the existing analysis or the catchment-intensive network analysis, it was found that there is a possibility of inundation of 70 cm or more even after the application of the drainage improvement project. A change in the area of the drainage reservoir did not affect the flooded situation of 70 cm or more, but this situation could be resolved with a pump capacity increase of 60.7%. Therefore, for the design and analysis of drainage improvement, it would be desirable to construct a sub-catchment distributed network and introduce an unsteady flow analysis that can take flow delays into account.

Keywords : Drainage Improvement Project, Flooding in Paddy, Unsteady Flow Model, Catchment-Intensive Network, Sub-catchment Distributed Network

*Corresponding Author : Jaewon Kang(Kyungsung University)

email: zipthin@hanmail.net

Received October 12, 2021

Accepted November 5, 2021

Revised November 3, 2021

Published November 30, 2021

1. 서론

지구온난화와 기후변화는 현재 전 세계적으로 중요한 이슈 중의 하나로 대부분의 국가에서 지구가 직면한 가장 큰 위협 중 하나이며, 현재 기후변화는 예측할 수 없는 변동성이 매우 커지고 있다. 우리나라도 강수량, 지하수, 증발산량 및 토양수분 등 수환경과 관련된 물순환 체계의 불안정으로 인해 최근 35년간 집중호우가 2배 이상 증가하고 계절 간 강수 불균형이 심화되고 있다. 배수개선사업의 목적은 홍수시 침수피해를 겪고 있는 저지대 농경지에 배수시설을 설치, 농작물 침수피해 방지 등 재해를 사전에 예방함으로써 안정영농을 도모하는 것이다 [1]. 그러나 배수개선사업 시행 후에도 원활한 배수가 이루어지지 않아 농경지의 부분적인 침수가 발생하는 등의 문제가 있으므로 배수계통 전체 시스템에 대한 부정류 해석 방안을 도입하여 기후변화 대응을 위한 기존 배수개선 설계의 한계를 극복하고 과학적이고 체계적인 배수개선 설계 지원 체계를 구축할 필요가 있다. 부정류 해석을 이용하여 침수분석을 수행한 결과는 하천유역[2, 3]이나 도시지역[4]을 대상으로 분석한 사례가 있으며, 농경지 침수분석의 경우 주배수로를 대상으로만 부정류 해석을 적용하고 있다. 본 연구에서는 홍수시 배수 및 침수 상황을 현실적으로 재현할 수 있는 자연적인 흐름 상태인 부정류 해석 모형을 적용해서 유역부터 배수 출구점까지 배수개선 시뮬레이션 분석을 수행하여 배수개선사업의 설계에 대해 분석하고 대상지구 침수 피해를 경감시킬 수 있는 우수지 및 배수장 펌프 용량에 따른 영향을 검토한다.

2. 농경지 침수해석 모형 구성 및 분석

2.1 분석 대상지구 현황 및 현장조사

본 연구의 대상지역인 우강 3지구의 유역은 북위 36°51'10", 동경 126°46'50"지점에 위치하며, 행정구역상으로 충청남도 당진군 신평면 신송리, 우강면 세류리, 순성면 중방리에 해당한다. 유역내 하천은 해발 EL. 30 m에서 발원하여 배수개선사업지구인 우강 3지구 배수로 유입후 남원천을 거쳐 삽교천으로 배제된다. 배수개선사업지구의 전체 유역면적은 2개의 대유역과 7개의 소유역으로 나누어지며 유역면적은 총 634.2 ha로서 최상류에서 하류까지 비교적 완만한 평야지 형상이며, 본 연구에서는 5개의 소유역으로 구성된 신송1 배수장 중심

으로 분석을 시행하였다. 배수개선을 위해서 배수로는 20년빈도 24시간 홍수량을 배제할 수 있도록 3조 3.01 km 구간을 신설하였다. Fig. 1은 우강 3지구의 유역구성과 현장조사 결과를 나타낸 것이다. 우강 3지구의 침수 피해의 주원인은 외수위와 관련하여 홍수시 남원천 수위의 상승과 오봉천의 합류지점에서 홍수의 수류병목현상으로 홍수배제가 지연되고 외수위 상승시 역류현상으로 자연배제가 곤란하여 침수피해가 가중되고 있는 것이다. 배수시설 측면에서는 기설 배수시설 단면부족 및 노후화, 토공 수로의 토사 퇴적과 수초번성으로 배수로 단면적 감소 등에 의하여 배수 기능이 저하된 점이다. 이에 따라 우강 3지구의 침수피해 경감을 위해서 배수로의 신설과 홍수량의 강제 배제를 위한 배수장의 신설을 계획하였다. 배수시설 규모는 수도작 기준으로 수잉기의 침수피해를 방지하는 것을 목표로 허용 담수심을 30 cm로 하고, 허용담수를 고려할 경우 담수 계속시간이 24시간 이내면서, 70 cm 이상의 침수(관수)를 불허(0시간)하는 조건을 반영하여 설계되었다. 중앙간선 배수로 말단 배수장에는 배수문(2.5×2.5×4련)과 6기의 펌프를 통해 남원천으로 직접 배제하는 것으로 계획하였으며, 기준담고 EL 3.80 m를 복토를 시행하여 EL 4.60 m로 최대 0.80 m를 높이는 공사를 진행하였다.



Fig. 1. Delineation and Field Survey of Woogang 3 Catchment

2.2 농경지 침수해석 모형의 구성

본 연구에서 부정류 해석을 위해 사용한 SWMM (Storm Water Management Model)의 부정류 해석 알고리즘은 기본방정식으로 1차원 부정류 점변류방정식 (St. Venant 방정식)인 Dynamic방정식을 사용하며, 수치해석적으로 시간에 대해 전진법인 양해법(Explicit Method)을 사용한다[5]. 우강 3지구 전체에 대해서

RMS(River Modeling System for small agricultural watershed) 모형[6]과 GATE 모형[7]을 사용하여 분석하는 개념을 적용한 유역 집중형 네트워크 분석(전체 유역 내용적을 배수지에 부여)과 각 소유역별 유출량 및 내용적을 이용한 소유역 분산형 네트워크 분석으로 구분하여 SWMM을 수행하고 그 결과를 비교하였다.

현장조사를 통해 파악된 우강 3지구의 5개 소유역 유출량은 소유역의 배수로를 통해서 유입되도록 배수개선 모의를 위한 SWMM의 소유역 분산형 네트워크를 Fig. 2와 같이 구성하고 실제 배수체계에 맞게 각각의 소유역 내용적을 입력하고, 배수장을 모의하기 위해 배수장 유수지의 내용적을 별도로 부여하였다. 우강 3지구 배수개선 모의를 위한 유역 집중형 네트워크는 Fig. 2와 유사하나 그 차이점은 주배수로에 5개 소유역의 유출량이 유입되도록 구성되고 유역 전체의 내용적을 배수장 유수지에 부여하여 분석한 것이다. 3개의 배수문은 오리피스로 구현하고, 펌프의 총용량과 최저흡입수위, 초기흡입수위를 부여하였으며 3개의 배수문과 연결된 수로 말단은 Flap gate 기능을 부여하여 외수위 상승에 의한 역류를 방지하였다. SWMM 구동 조건은 홍수 흐름 추적(Flow Routing)을 선택하고 부정류 해석을 수행하기 위해서 Dynamic Wave 방법을 채택하였으며 수치적 안정성을 위해서 모의 시간간격을 안전측으로 0.5로 설정하였다.

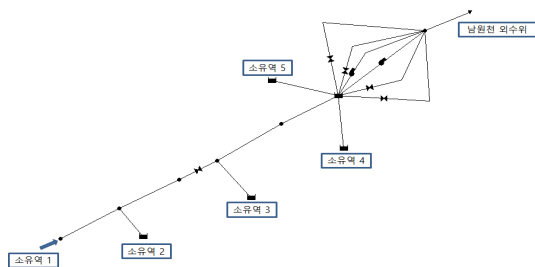


Fig. 2. Sub-catchment Distributed Network of Woogang 3 Catchment to Analyze Flooding in Paddy

소유역별 홍수량은 설계기준에 의거 20년 빈도 임의 지속시간 48시간 강우에 대하여 유역의 지형조건에 따라 유역특성변수를 고려할 수 있으며, 논유역의 유출특성을 고려한 홍수량 분석이 가능한 홍수량 산정모형인 RMS를 적용하여 산정된 결과를 이용하였다. Fig. 3은 시간에 따른 소유역별 홍수량을 나타낸 것이다.

주배수로는 현장조사 결과를 반영하여 수로 형상 중 Irregular를 선택하여 해당 수로부의 제원을 입력하였다. 소유역 1 유입지점부터 유수지까지의 주배수로 종단

도는 SWMM의 map 기능을 이용하여 시점과 종점의 path를 찾아서 입력된 수로 길이 및 경사도를 이용하여 Fig. 4와 같이 거리에 따른 표고로 표출되며 중앙부분의 단차는 취수를 위한 보가 있는 지점을 나타내며 위어로 처리하였다.

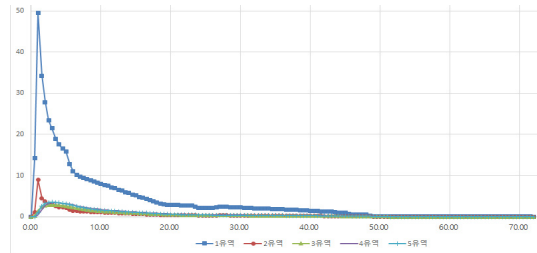


Fig. 3. Sub-catchment Inflow using RMS

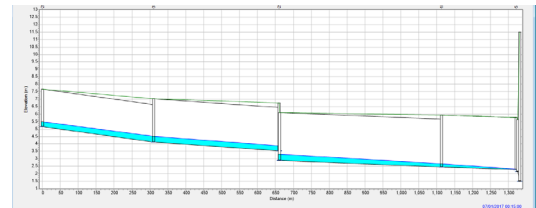


Fig. 4. Elevation Profile of Main Drainage Canal of Woogang 3 Catchment

소유역 분산형 네트워크의 내용적 입력은 유수지의 경우 유수지 바닥표고 EL. 1.5 m를 기준(수심=0)으로 유수지만의 내용적을 수심으로 변환하고 해당 수심(표고)의 누가면적을 입력하였고, 각 소유역에 해당하는 농경지를 구분하여 소유역별 내용적(유수지 바닥표고 EL. 1.5 m를 기준(수심=0)으로 80 cm 복토를 시행한 후)을 작성하고 소유역 3 및 소유역 4는 설계도면의 배수로 폭과 경사를 이용하여 내용적에 반영하였으며, 소유역 2와 소유역 5의 경우 지도상 거리추정 결과와 경사도에 따라 배수로 부분의 내용적을 추가하여 구성하였다. 유역 집중형 네트워크는 유수지에 해당 수심(표고)의 유역 전체 누가면적을 고려하여 내용적을 입력하였다.

우강 3지구의 배수본천은 삼교천지류인 남원천으로서 삼교천으로 합류하여 삼교천 배수갑문을 통하여 서해로 배제되는데 계획홍수위로 하천정비 기본계획 및 외삽법에 의해 추정된 남원천의 20년빈도 홍수위를 외수위 분석조건(가장 위험한 조건을 가정하였으며, 운영시에는 유역 도달시간 차이 등을 고려할 것으로 판단됨)으로 적용하였다.

배수문은 2.5 m × 2.5 m 4련이 설치되어 있으며, 이를 오리피스로 설정하였으며 오리피스의 유량계수는 SWMM 매뉴얼의 0.65를 적용하고, 외수위가 역류하여 유입되는 것을 방지하기 위하여 Flap Gate 기능을 부여하였다. 홍수량 배제를 위해 설치될 펌프는 고수위시 작동되는 4대와 저수위시 작동되는 2대로 계획되었다. 고수위시 작동되는 펌프는 총 펌프용량 13 cms 중 11.2 cms이며, 저수위시 작동되는 펌프는 총 펌프용량 13 cms 중 1.8 cms이다. 펌프의 최저 흡입수위와 초기 흡입수위를 유수지 표고를 기준으로 수심으로 변환하여 입력하였다.

2.3 농경지 침수 해석 결과 및 분석

Fig. 5에 나타난 소유역 분산형 네트워크의 시간에 따른 유입량과 유출량 분석 결과 배수장의 경우 부정류 분석을 채택한 SWMM 모형의 경우 6시간 경과후부터 25 시간까지 홍수수문곡선의 변화가 없는 것으로부터 판단할 때 하루부 수위상승에 따라 신송1호 배수로 및 소유역에서 흐름정체가 발생한 것으로 판단된다. 소유역 1의 경우 침두홍수량 발생시간이 동일하고 침두홍수량의 크기도 48.89 cms와 49.53 cms로 거의 비슷하게 나타났다. 소유역 2의 경우 침두유량이 감소하고 약간의 유출 지체 발생하였으며, 소유역 3과 4의 경우 역류방지수문의 작동에 의해서 소유역의 홍수배제가 지체되어 유출되었다. 소유역 5의 경우 유수지의 수위상승에 따라 역류가 발생하고 소유역의 홍수배제가 지체되어 유출되었다.

유수지 수위변화는 소유역 분산형 네트워크 분석시 유역 집중형 네트워크 분석의 경우보다 약 50 cm 이상 침두수위가 상승하며, 이로 인해서 홍수 흐름의 지체나 소유역 유출 지체 등이 발생하여 침수상황에 영향을 미친 것으로 분석되었다. 소유역 분산형 네트워크 분석의 소유역별 침수분석결과는 시간에 따른 침수위를 나타낸 Fig. 6과 같다. 소유역 2의 경우 최대 침수위 6.29 El.m로 나타났으며, 침수시간 4시간, 관수시간 0시간 지속된 것으로 분석되었으며, 소유역 3의 경우 최대 침수위 5.65 El.m로 나타났으며, 침수시간 13.5시간, 관수시간 0.5시간 지속된 것으로 분석되었다. 그리고 소유역 4의 경우 최대 침수위 5.11 El.m로 나타났으며, 침수시간 14시간, 관수시간 0시간 지속된 것으로 분석되었으며, 소유역 5의 경우 최대 침수위 5.64 El.m로 나타났으며, 침수시간 22시간, 관수시간 13.5시간 지속된 것으로 분석되었다.

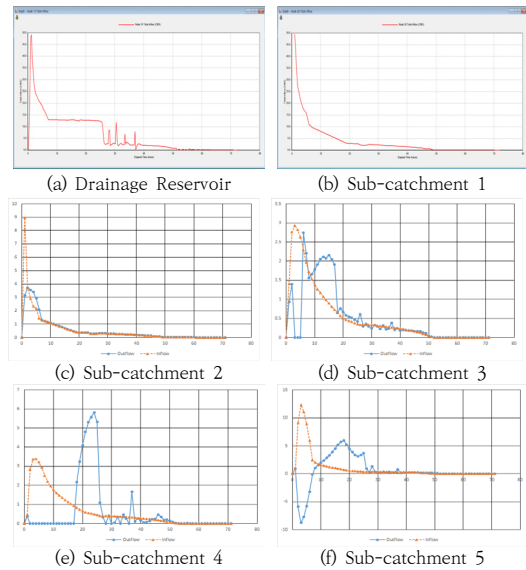


Fig. 5. Inflow of Drainage Reservoir and Inflow/Outflow of Sub-catchments

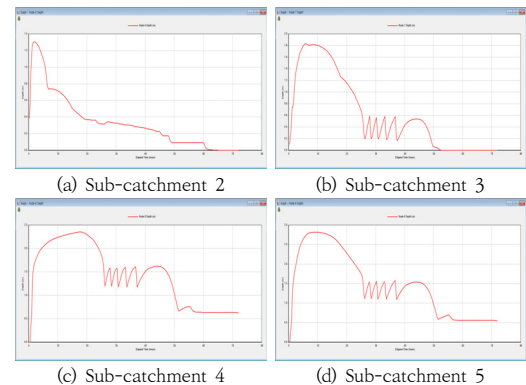


Fig. 6. Sub-catchment Flooding Water Level using Sub-catchment Distributed Network

Table 1은 3가지 침수분석결과를 종합적으로 나타낸 것이며, 침수허용기준인 30 cm 이내의 24시간 이하 침수조건은 만족시키지만 70 cm 이상 침수(관수) 불허 기준의 경우 다른 결과가 나타났다. RMS+GATE는 기존 배수개선 설계에서 제시된 값이며, SWMM의 유역 집중형 네트워크 분석과 소유역 분산형 네트워크 분석은 본 연구에서 수행된 결과를 나타낸 것이다.

기존 결과와 유역 집중형 네트워크 분석의 소유역별 침수결과는 배수장의 수위를 각 소유역별로 적용해서 작성된 것이다. 기존 분석이나 유역 집중형 네트워크 분석은 소유역의 흐름지체를 고려하지 못하고 유역의 전체

Table 1. Flooding Analysis Results of Woogang 3 Catchment

Sub-catchment	Paddy Area (m ²)	RMS+GATE		SWMM (Catchment-Intensive Network)		SWMM (Sub-Catchment Distributed Network)	
		Flooding Area(m ²) 30-70 cm	Flooding Area(m ²) 70 cm ≤	Flooding Area(m ²) 30-70 cm	Flooding Area(m ²) 70 cm ≤	Flooding Area(m ²) 30-70 cm	Flooding Area(m ²) 70 cm ≤
2	140,570	0	0	0	0	11,294	0
3	265,073	3,841	0	0	0	42,898	3,841
4	421,567	254,085	0	193,672	0	168,354	0
5	350,435	97,353	0	89,096	0	190,509	97,353
Total	1,177,645	355,279	0	282,768	0	413,055	101,194

내용적을 배수장에 집중시키기 때문에 펌프배제능력이 과대하게 평가되어 소유역 2와 소유역 5의 70 cm 이상 침수(관수)가 발생하지 않은 것으로 나타났다. 실제 흐름 상황인 부정류를 반영하여 소유역의 지체나 역류방지수문 등을 고려할 수 있는 소유역 분산형 네트워크 분석이 보다 현실적인 결과를 나타낸 것으로 판단된다.

2.4 유수지 및 펌프용량 적정성 분석

소유역 분산형 네트워크 분석에서 우강 3지구 소유역 2와 소유역 5에서 70 cm 이상 침수되는 관수가 발생하여 이를 해소할 수 있는 방안에 대한 분석을 수행하였다. 농지 배수를 위한 유수지는 배수로로부터 펌핑에 필요한 홍수유입이 충분하지 않아 배수장의 가동이 단속되는 것을 방지하기 위해서 필요하다. 기존 설계에 반영된 유수지와 배수장 펌프 규모를 임의로 변화시켜 침수상황을 분석하였다. 유수지 규모 적정성 분석을 위해 유수지 규모 변화에 따른 침수심 변화를 검토하였다. 우강 3지구 유수지 규모를 12,146 m², 8,600 m², 6,200 m²로 임의로 변화시켜 관수상황이 크게 발생했던 소유역 5의 침수상황 변화와 펌프 가동상황을 검토하였다. 홍수시 유역 유출량이 유수지로 원활하게 유입되기 때문에 펌프 가동도 유수지 규모 변화에 영향을 받지 않고 소유역 5의 침수상황도 시간에 따른 침수심 변화를 나타낸 Fig. 7과 같이 거의 변화가 발생하지 않았다.

우강 3지구 홍수시 펌프 용량 11.2 cms를 15 cms, 16 cms, 17 cms, 18 cms로 변화시켜 관수상황이 크게 발생했던 소유역 5의 침수상황 변화와 펌프 가동상황을 분석하였다.

Fig. 8은 펌프용량에 따른 우강 3지구 소유역 5의 시간에 따른 침수심 변화를 나타낸 것이다. 펌프 용량이 증가함에 따라 관수상황의 지속시간이 감소하며, 홍수시 펌프용량을 18 cms로 약 60.7% 증가시 관수상황이 해소되는 것으로 분석되었다.

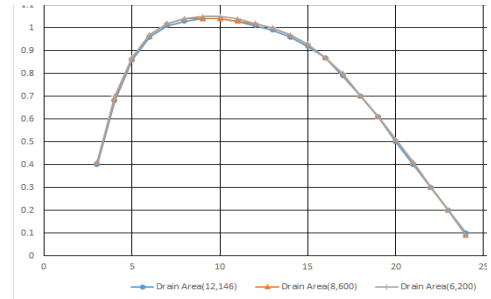


Fig. 7. Flooding Water Depth of Sub-catchment 5 according to Drainage Reservoir Area Change using Sub-catchment Distributed Network

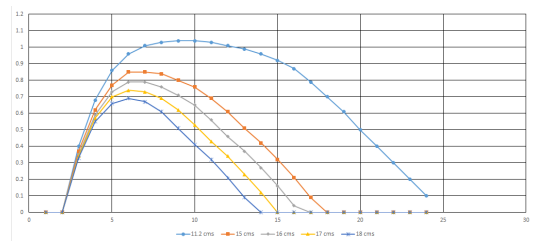


Fig. 8. Flooding Water Depth of Sub-catchment 5 according to Pump Capacity Change using Sub-catchment Distributed Network

3. 결론

배수개선 모의를 위한 유역 집중형 네트워크 분석의 경우 GATE 모형과 유사하게 주 배수로에 모형에 의해서 산정된 각 소유역별 홍수량을 유입시키고 Dynamic wave 추적 방법에 따라 유수지로 유입되는 홍수량을 산정하고, 전체 내용적이 반영된 유수지의 수위변화에 따라 침수분석을 수행하였다. 소유역 분산형 네트워크 분석의 경우 각 소유역별로 작성된 내용적 곡선을 각 소유

역을 나타내는 저류조에 입력하고, 이 저류조에 모형에서 산정된 각 소유역별 홍수량을 유입시키고 소유역 저류조와 주배수로에 연결된 배수로를 통해 주배수로에 합류되고 Dynamic wave 추적 방법에 따라 우수지로 유입되는 홍수량을 산정하며, 각 소유역별 내용적이 반영된 저류조의 수위변화에 따라 소유역별 침수분석을 수행하였다.

유역 집중형 네트워크 분석에서는 본류의 흐름 상황에 지류가 영향을 받지 않고 원래 입력자료가 그대로 유입되는 것으로 분석되지만 소유역을 고려한 경우 본류 수위상승에 따라 소유역의 흐름 지체가 발생하고 이로 인한 침수가 발생할 가능성이 있다. 소유역의 배수로에 역류방지수문이 장착된 경우 이를 고려하지 않고 분석하게 되면 침수상황을 과도하게 분석할 가능성이 있으며, 소유역 분산형 네트워크 분석의 경우 이의 고려가 가능하다. 소유역 4의 경우 약 2시간부터 17시간까지 역류방지수문이 가동되어 유출량 0이며, 이로 인해 소유역 4에 저류된 물이 유출되면서 침투홍수배제량이 발생하였다. 우수지나 주배수로의 수위가 높아져 역류가 발생한 경우의 흐름모의도 가능하며, 소유역 5와 같은 경우 이에 의한 영향으로 관수상태가 배수개선 사업후에도 발생할 가능성이 있는 것으로 분석되었다. 우수지의 면적 변화는 70 cm 이상의 침수상황 해소에 영향을 미치지 못하였으나 펌프 용량을 60.7% 상향시킨 경우 관수 상황을 해소시킬 수 있었다.

기존 방법의 경우 우수지에 전체 내용적을 포함시키기 때문에 배수문 가동이나 펌프 단속에 대한 검토에서 제약으로 작용할 수 있으나 소유역 분산형 네트워크 분석에서는 우수지의 해당 용적만 반영하기 때문에 이의 검토가 용이하다. 배수개선 설계 및 분석을 위해서는 소유역 분산형 네트워크를 구성하고 흐름지체 등을 고려할 수 있는 부정류 해석을 도입하는 것이 바람직 할 것으로 판단되며, 이를 위해서는 소유역별 내용적 작성, 수로부의 제원 등의 특성, 소유역간 영향 등의 반영이 필요하고, 소유역과 주배수로간의 수로길이 반영정도, 홍수량 우회배제 등에 따른 추가 분석이 요구된다.

References

- [1] Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, *Design Standards of Agricultural Production Infrastructure Maintenance Project-Drainage*, 2012.
- [2] D. S. Rhee, H.-J. Kim, G. Cho, "Analysis of Flood Level Mitigation due to the Naju Retention-Basin by Numerical Model Application", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 15, No. 9 pp. 5801-5812, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.9.5801>
- [3] C.-H. Lee, T.-G. Lee, "Evaluation of an Applicability of HEC-RAS 5.0 for 2-D Flood Inundation Analysis", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 17, No. 4 pp. 726-733, 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.4.726>
- [4] J. Park, T. Kang, S. Lee, "Evaluation of Accuracy Depending on Pipe Network Density in Urban Flood Inundation Analysis Using the SWMM", *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 17, No. 1, pp. 71-78, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2017.17.1.71>
- [5] W. James, L. A. Rossman and W. R. C. James, *User's guide to SWMM 5*. CHI Press, 2012.
- [6] Korea Rural Community Corporation, *User's Manual of River Modeling System for small agricultural watershed*, 2017.
- [7] Korea Rural Community Corporation, *User's Manual of GATE2015(v2.00)*, 2017.

강 재 원(Jaewon Kang)

[정회원]



- 1993년 2월 : 서울대학교 토목공학과 (공학석사)
- 2003년 2월 : 서울대학교 토목공학과 (공학박사)
- 2017년 7월 ~ 2019년 2월 : (주) 수리이앤씨 상무이사
- 2019년 7월 ~ 2020년 12월 : (주)노아에스앤씨 상무이사
- 2021년 3월 ~ 현재 : 경성대학교 토목공학과 연구교수

<관심분야>

수자원시스템, 수문통계, 침수분석