

도시배수시설 설계 선진화 기술

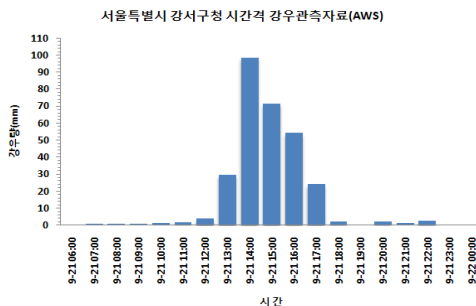
윤세의 (경기대학교)
이재준 (금오공과대학교)
이정호 (한밭대학교)

차 례

1. 서론
2. 도시 내배수시설 국내·외 기술동향
3. 도시 배수시설 설계 선진화 기술
4. 연구 기대성과
5. 결론

1. 서론

최근 국지성 집중호우로 인한 홍수피해가 급증하고 있으며, 특히 도시지역에서의 침수위험성은 더욱 커지고 있다. 지난 2010년 9월 21일, 추석 연휴기간 서울 및 경기 지방에는 시간당 최고 98.5mm(서울 강서구청 AWS 관측자료)의 기습호우가 발생하여 서울 강서구와 양천구 일대 등에 큰 침수피해를 가져왔으며, 중앙재난 안전대책본부의 발표에 따르면 이번 폭우로 전국 15,400여 가구가 침수 피해를 입었으며, 11,900여명의 이재민이 발생한 것으로 집계되었다. 금번 호우로 인한 침수피해의 주요 원인은 계획강우를 크게 초과한 집중호우로 인하여 우수관거의 통수능 부족 현상이 발생하였으며, 미처 유입되지 못한 우수가 저지대로 지면을 통하여 집중됨으로써 지하공간의 침수 피해로 이어졌다는 것이 특징이다.



▶▶ 그림 1. 2010년 9월 21일 집중호우(강서구청 AWS)

심재현 등(2006)에 따르면, 도시 내 상습수해지구의 피해원인 중 내수침수가 전체의 73%를 차지한다고 제시하였으며[3], 이는 도시유역에서의 내수배제의 중요성과

관련 시스템의 정비 및 개선이 절실히 요구되고 있음을 말해준다.

본고에서는 이러한 도시 내배수시설에 대한 중요성과 개선의 필요성이 대두되고 있는 현 시점에서, 국내·외 관련 기술의 동향을 간략히 살펴보고 이와 관련되어 국토해양부 건설기술혁신사업 중 하나인 차세대홍수방어기술개발 사업(2008년 12월~2013년 12월)에서 수행중인 ‘도시 배수시설 설계 선진화 기술’에 관하여 소개하고자 한다.

2. 도시 내배수시설 국내·외 기술동향

도시유역에서의 내배수시스템에 관한 기술 동향은 첫째, 도시유역 강우유출 해석모형, 둘째, 도시유역 침수예측 모형, 셋째, 배수펌프장 운영 및 제어기술, 넷째, 의사결정지원시스템 등으로 대별될 수 있다. 이와 관련하여 국내외의 기술 동향을 미국, 일본 및 유럽의 사례와 국내의 현황을 비교하면 다음과 같다.

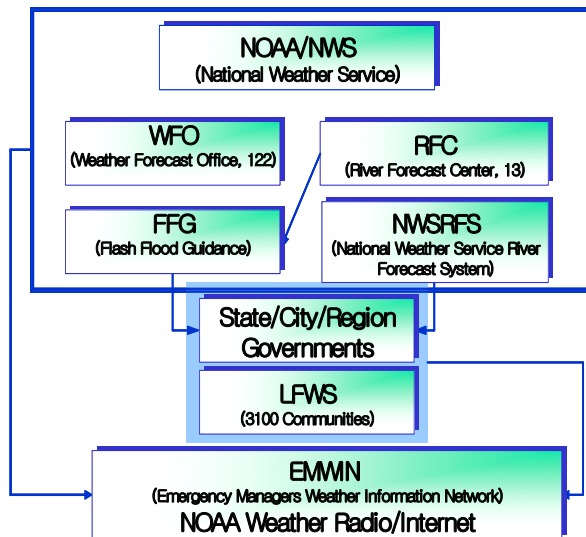
2.1 도시유역 강우유출 해석모형

미국의 경우 ILLUDAS, SWMM 등의 모형을 1970~1980년대에 개발하였으며, GIS 및 위성 자료와 연계하여 활용하고 있다. 유럽의 경우에는 EU 각국별로 자체 모형을 개발하여 사용하거나 대표적인 모형을 활용하고 있으며, 일본의 경우 미국 등의 모형을 일본 특성에 맞게 활용하는 동시에 GIS 등과 연계하여 활용하고 있다[1]. 반면 국내의 경우 외국에서 개발된 모형을 단순 적용하

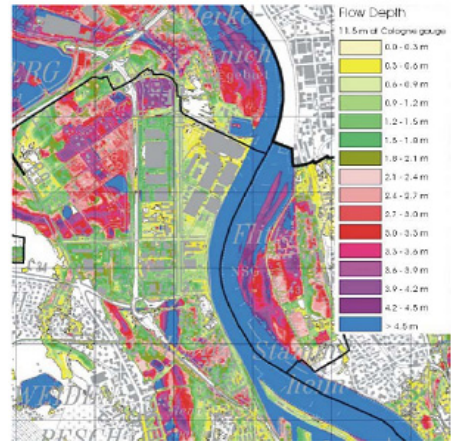
여 왔으나, 다양한 적용 사례 및 연구들을 통하여 관련 기술의 개발을 위한 기반 기술이 상당히 축적되어 있으며, 최근들어 국내 실정에 맞는 강우유출 해석모형의 개발에 대한 연구들이 진행중이다. 그러나 국내·외적으로 실시간 수문변동사항을 연계하여 도시유역 강우-유출 해석 모형의 개발에 관한 연구는 매우 미흡한 실정으로써 이에 대한 향후 지속적인 연구가 필요한 실정이다.

2.2 도시유역 침수예측 모형

미국의 경우 인공위성 및 GIS 등을 이용한 하천 범람 및 도시침수모형을 개발하여 사전 예측 및 시설 개보수 우선순위 설정 등에 활용하고 있으며, 유럽에서는 GIS 등과 연계한 범람 확산 모형 등을 개발하여 활용하고 있다. 일본에서는 지자체별로 대표적인 모형을 적용하여 지역별 침수위험도를 파악하는 한편 사전 대피 및 시민의 위험도 인지 유도를 위해 활용하고 있으며, 국내의 경우 개별적인 연구를 통하여 범람 모형이 일부 개발되었으나 대응체계와의 연계를 위한 기법 제시가 필요한 실정이다. 특히, 최근 이와 관련해서 실시간 수문 변동 사항을 연계한 도시유역의 침수 예측과 이를 연동한 내배수시설 운영 제어에 관한 연구 등이 국내에서 시작단계에 있다.



▶▶ 그림 2. 미국의 홍수관리 체계도[2]



▶▶ 그림 3. 재해 상황에 대한 유럽의 홍수지도 예[1]

2.3 배수펌프장 운영 및 제어기술

서울시의 경우 2009년 12월 2일 보도 자료를 통하여 2011년까지 사업비 3,596억원을 투입해 침수가능성이 큰 저지대 빗물펌프장 41곳의 시설을 3단계로 나누어 증설할 계획이라고 발표한 바 있듯이 최근의 국지성 집중호우로 인한 도시유역에서의 홍수피해 위험이 증가함에 따라서 도시유역의 내수배제에 큰 역할을 담당하고 있는 배수펌프장의 개선과 효과적인 운영 방안에 대한 연구의 중요성이 더욱 커지고 있다.

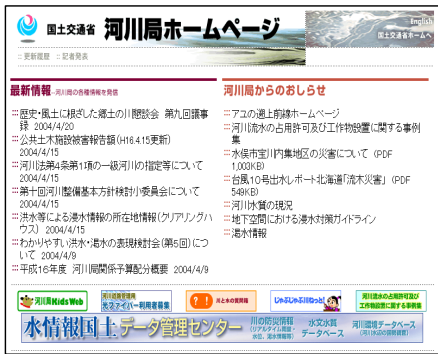
미국의 경우 하천 연변 저지대는 토지이용도를 극히 제한하여 우리나라의 개념에서의 배수펌프장은 설치하지 않고 있으며, 유럽의 경우 마찬가지로 우리나라 형태의 배수펌프장을 설치하지 않고 있다. 반면 일본의 경우에는 배수펌프장 설치를 극도로 제한하고 있으며, 설치 시에는 배수문과 펌프 제어에 대한 다양한 기술개발을 통하여 운영에 만전을 기하고 있다. 국내의 경우에는 전국 각지에 농경지 배수개선사업, 수해복구사업 등을 통하여 지속적으로 배수펌프장이 신·증설 되고 있으나 운영방식 및 설계기준 등에 대한 효율성에 대한 문제가 제기되고 있다.

2.4 의사결정지원시스템

미국에서는 도시홍수에 따른 주민 대피, 복구 대응 등에 있어서 의사결정지원시스템을 구축하고 있으며, 유럽의 경우 GIS 등과 강우-유출 해석과 연계하여 대응체계를 위한 의사결정지원시스템을 구축하고 있으나 내배수 시설 운영과 관련해서는 미흡한 실정이다. 일본의 경우에는 시설물 및 주변 상황에 대한 모니터링을 통하여 주

민 대피 예경보를 의사결정지원시스템 구축하여 IT 기술을 활용하여 효율적인 전파 체계의 구축에 심혈을 기울이고 있다. 반면, 국내의 경우 일부 분야에서는 시스템을 구축하여 활용 중에 있으나 내배수시설의 운영에 있어서는 전무한 실정에 있다.

이와 같이 국내의 경우 도시유역에서의 침수 대응 기반 기술로서의 의사결정지원시스템에 관한 연구가 매우 미흡하며, 국내·외적으로는 의사결정시스템의 내배수시설 운영과의 연계 구성이 미흡한 실정이다.



▶▶ 그림 4. 일본의 매크롬을 활용한 홍수 정보[4]

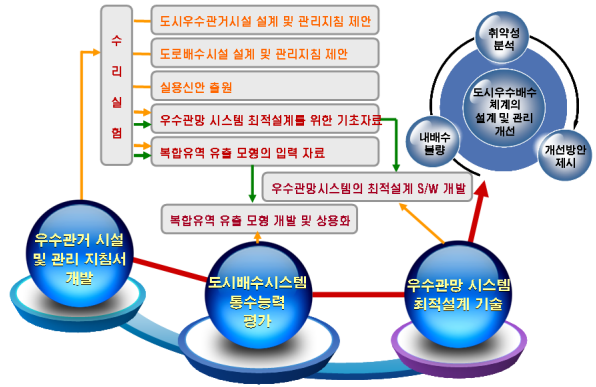
3. 도시 배수시설 설계 선진화 기술

앞서 언급한 바와 같이 급속한 도시화의 진행으로 인하여 도시지역의 불투수 면적의 증가는 침투유량의 증가와 침투유량의 도달시간 감소 등으로 도시지역의 침수면적과 침수피해를 증가시키는 요인이 되고 있으며, 도시지역에서 해마다 반복되는 국지성 집중호우는 우수관거의 불량 및 용량 부족지역을 중심으로 상습적으로 침수피해를 발생시키는 원인이 되고 있다. 이에 따라 미국, 유럽, 일본 등 선진국에서는 도시배수시설의 설계 및 운영과 침수 대응 능력의 향상을 위하여 인력 및 재원의 투자를 지속하고 있으며, 국내의 경우 국외의 관련 기술들을 국내 실정에 맞게 개선하는 한편 보다 선진화된 기술 구축을 위하여 노력하고 있다.

이와 관련하여 국토해양부에서는 건설기술혁신사업을 통하여 ‘차세대홍수방어기술개발 연구단(2008년~2013년)’ 사업이 진행중이며, 이중 ‘도시 배수시설 설계 선진화 기술’이라는 주제의 세부 과제가 도시유역에서의 효과적인 침수 대응 능력 향상을 위하여 연구중에 있다.

‘도시 배수시설 설계 선진화 기술’은 세 가지의 주제에

대하여 연구를 진행하고 있으며, 이것은 첫째, 도시환경 변화에 따른 배수시스템의 홍수대응 기술, 둘째, 도시배수시스템 통수능력 평가 및 증대방안, 셋째, 도시홍수제해 저감을 위한 우수관망시스템 최적 설계 기술이다[5].



▶▶ 그림 5. 과제의 구성

3.1 도시환경 변화에 따른 배수시스템의 홍수대응 기술

도시환경 변화에 따른 배수시스템의 홍수대응 기술(2008년~2013년)의 연구에 있어서 최종 목표는 도시 우수관거 시설의 설계 및 관리 지침서 개발에 있다.

연구의 진행에 있어서 차년별로 정리하면,

<1차년도>

- 과부하 맨홀의 손실계수 제시 및 저감방법 개발
 - 문헌조사 및 현장조사
 - 90° 접합맨홀에서의 손실계수 산정 수리실험
 - 90° 접합맨홀에서의 손실계수 저감방안 제시

<2차년도>

- 과부하 합류맨홀의 손실계수 제시 및 설계 기준 제시
 - 국·내외 문헌조사
 - 과부하 합류맨홀의 수리 특성 분석 실험
 - 과부하 합류맨홀에서의 손실계수 산정
 - 과부하 합류맨홀의 설계 기준 제시

<3차년도>

- 맨홀에서의 유사 거동 특성 분석
 - 도시 유역의 유사발생 특성 분석
 - 도시 유역의 유사처리 방안 조사 분석
 - 맨홀에서의 유사 거동 특성 분석 실험

- 맨홀 내 유사 퇴적 저감 방안 제시
- 유사 거동을 고려한 맨홀에서의 손실계수 범위 산정

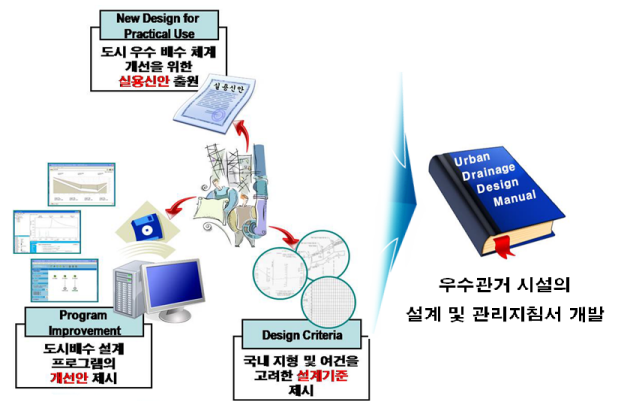
<4차년도>

- 급경사 사면에서의 배수시설물 설계기준 제시
 - 국·내외 설계기준 조사 및 현장조사
 - 급경사 사면의 배수시설물 배수능력 분석 실험
 - 사면경사 변화와 유입 유량 변화에 따른 배수능력 검토
 - 배수 시설물의 적정 규모 및 적정 설치 위치 제시

<5차년도>

- 도시 우수관거 시설의 설계 기준 개발
 - 국·내외 도시배수 설계 기준 문헌 조사
 - 1-4차년도 연구결과 취합 및 분석
 - 도시 우수관거 시설의 설계 가이드라인 제시

이상의 연구내용에 있어서 ‘도시 환경 변화에 따른 배수시스템의 홍수대응 기술’의 추진 방향은 첫째, 우·하수 관거에서 소손실이 발생하는 과부하 맨홀에서의 수리 특성 분석 실험을 실시하여 과부하 맨홀에서의 손실계수를 산정하고 에너지 손실의 저감방안 및 설계 기준을 제시 하며, 둘째, 도시 유역의 유사 발생 특성을 분석하고 맨홀에서의 유사 거동 특성 분석 실험을 실시하여 맨홀 내 유사 퇴적 저감 방안 제시하고 유사 거동을 고려한 맨홀에서의 손실계수의 범위를 산정하며, 셋째, 도시지역의 급경사 지역에 설치되는 급경사 사면의 배수시설물의 배수 능력 분석 실험을 실시하여 배수시설물의 적정 규모 및 적정 설치 위치를 제시하는 한편, 넷째, 국·내외 도시 배수 설계 기준을 조사 및 분석하고 본 연구의 연구 결과를 취합, 정리하여 도시 우수 관거 시설의 설계 및 관리 지침서를 개발하고, 실무자(설계기술자 및 시공자) 및 전문가 자문을 통하여 연구결과를 실용화 하고자 한다.



▶▶ 그림 6. 도시환경 변화에 따른 배수시스템의 홍수대응 기술 최종성과물

이러한 연구 추진 결과 기대되는 성과는 도시우수 배수 체계 개선을 위한 실용신안 출원, 도시배수 설계 프로그램의 개선안 제시, 국내 지형 및 여건을 고려한 설계기준 제시 등으로 이를 통한 우수관거 시설의 설계 및 관리 지침서 개발이 예상된다.

3.2 도시배수시스템 통수능력 평가 및 증대방안

도시배수시스템 통수능력 평가 및 증대방안(2008년~2013년)의 연구에 있어서 최종 목표는 국내 실정에 맞는 토지이용변화를 고려할 수 있고 산지 및 자연유역, 도시 유역에 적용이 가능한 복합유역 유출모형의 국산화 및 현업화를 통하여 도시배수시스템의 통수능력에 대한 정량적인 평가를 수행하고 통수능력 증대방안을 수립하고자 함에 있다.

연구의 진행에 있어서 차년별로 정리하면,

<1차년도>

- 토지이용 변화에 따른 유출 관련 매개변수 분석
 - 국토환경과 토지이용상황 파악
 - 주요 매개변수의 특성분석
 - 기존 유출해석 모형의 보완 및 수정

<2차년도>

- 토지이용변화를 고려한 유출해석 및 유출관련 적정매개변수 제시
 - 우리나라 특성에 맞는 적정 매개변수 제시
 - 토지이용변화를 고려한 지표면 유출해석
 - 도시유역 유출해석 모듈 개발

<3차년도>

- 복합유역의 지표 및 관거/하도 유출해석 모듈 개발

- 대도시 지역 복합유역의 지표 유출해석 및 모듈 개발
- 대도시 지역 복합유역의 관거/하도 유출해석 및 모듈 개발
- 대도시 지역 복합유역 경계처리기법 개발
- 대도시 지역 복합유역 유출해석 모듈 통합

<4차년도>

- 도시배수시스템 통수능력 평가
 - 대도시 지역 복합유역 유출모형 소프트웨어 개발
 - 개발모형을 이용한 도시배수시스템의 통수능력 평가

<5차년도>

- 도시배수시스템 통수능력 증대방안 수립
 - 도시배수시스템의 통수능력 증대방안 수립
 - GIS 기법을 연계한 개발모형의 적용 및 상용화 추진

차년별 연구 진행을 위한 ‘도시배수시스템의 통수능력 평가 및 증대방안’의 추진 방향은 첫째, 국내의 유역 특성 개발로 인한 토지이용과 환경의 변화에 대한 주요 매개변수의 특성분석을 통해 국내 실정에 적합한 대도시 지역 복합유역 유출모듈을 개발하며, 둘째, 복합유역 유출모듈을 통합하여 도시배수시스템의 통수능력을 정량적으로 평가할 수 있는 대도시 지역 복합유역 유출모형을 개발하고 적용하고자 한다. 또한 셋째, 도시배수시스템의 통수능력 평가 결과를 분석하여 통수능력 증대방안을 제시하고자 하며, 개발모형 사용의 편의성을 위해 GUI환경체제를 수립함과 동시에 GIS를 연계하여 결과의 가시화를 이루고자 한다.



▶▶ 그림 7. 도시배수시스템 통수능력 평가 및 증대방안 최종성산물

이러한 연구추진 결과로 예상되는 성과물로는 복합유역 유출해석 모형 개발 및 상용화, 도시배수시스템 통수능력 평가 및 증대방안 수립 등이다.

3.3 도시홍수재해 저감을 위한 우수관망시스템 최적 설계기술

도시홍수재해 저감을 위한 우수관망시스템 최적설계기술(2010년~2013년)에 관한 연구에 있어서 최종 목표는 내수침수 저감 효과의 극대화를 위한 최적 우수관망 설계 기법의 개발과 기존 우수관망시스템의 개량화 기법 수립을 통한 최적 설계 소프트웨어 개발에 있다.

연구의 진행에 있어서 차년별로 정리하면,

<3차년도>

- 내수침수 저감을 위한 우수관망 최적설계 기법 개발
 - 우수관망 설계를 위한 최적화 기법의 검토 및 선정
 - 우수관망 노선 최적화의 내수침수 저감 효과 분석
 - 침수저감 목표구역 선정을 위한 위험도 정량화 기법 수립

<4차년도>

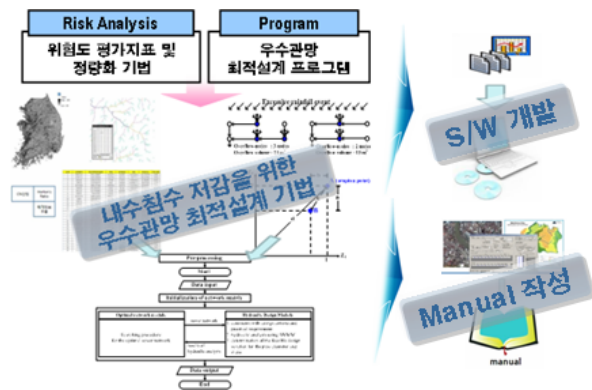
- 우수관망시스템의 개량화 기법 개발
 - 우수관망시스템의 치수 안전성 증대 효과의 정량화 지표 선정
 - 기존 우수관망시스템의 구조적·비구조적 개량화 방안 검토
 - 우수관망시스템의 치수안전성 증대를 위한 최적 개량 기법 수립

<5차년도>

- 우수관망시스템 최적 설계 S/W 개발
 - GIS 기반 우수관망 설계 pre-processing 기술 정립
 - 우수관망시스템 설계 실무 적용성 증대
 - GUI 구축을 통한 설계 S/W 개발

‘도시 홍수재해 저감을 위한 우수관망시스템 최적 설계 기술’에 있어서 이러한 내용에 대한 연구 추진 방향은 첫째, 우수관망 노선 최적화를 통한 설계빈도 초과 강우에 대한 내수침수 저감 효과를 분석하고, 침수저감 목표구역 선정을 위한 위험도 정량화 기준을 목적함수로 한 우

수관망 최적 설계 기법의 개발과 이를 통한 도시유역 내 수침수 저감효과 극대화 기술을 개발하고, 둘째, 도시유역에서의 기존 우수관망시스템의 구조적·비구조적 개량화 방안을 검토하고 부분 개량을 통한 치수안전성 극대화를 위한 우수관망시스템의 최적 개량 기법을 수립함으로써, 셋째, 개발된 우수관망시스템의 최적 설계 및 개량 기법을 적용하여 설계 실무 적용 가능한 GUI 구축 설계 S/W를 개발하고자 한다.



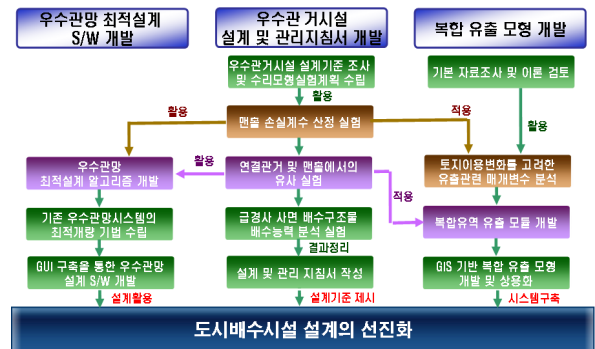
▶▶ 그림 8. 도시홍수재해 저감을 위한 우수관망시스템 최적설계 기술 최종성과물

이상의 연구추진 결과로 인한 성과물로는 위험도 평가 지표 및 정량화 기법, 우수관망 최적설계 프로그램 개발 등으로 최종 성과물로 우수관망 최적설계 소프트웨어 개발 및 매뉴얼 작성을 목표로 하고 있다.

3.4 과제간 연계성 및 최종성과물

앞서 설명한 ‘도시 배수시설 설계 선진화 기술’의 연구는 도시우수관거 시설의 설계 및 관리지침서 개발, 복합유역 유출해석 모형 개발과 도시배수시스템 통수능력 평가 및 증대방안, 내수침수 저감을 위한 우수관망 최적설계 소프트웨어 개발 등 구체적이고 실용적인 선진 기술의 구축을 목표로 하고 있다.

본 연구 내의 세 가지 소과제별 이러한 연구 성과는 개별적인 성과물의 추출뿐만 아니라 과제간의 유기적인 연계 구성을 통하여 종합적인 도시배수시설 설계의 선진화를 이루고자 한다.



▶▶ 그림 9. 과제간 연계성 및 최종성과물

4. 연구 기대성과

이상의 연구들을 수행함에 따라 기대되는 성과들은 다음과 같다.

<도시환경 변화에 따른 배수시스템의 홍수대응 기술>

- 국내 지형 및 도시지역 특성을 고려한 수리 실험 및 배수 이론 체계의 구축과 산, 학, 관의 연계를 통한 설계 기술의 적용 및 검증을 통하여 도시 우수 배수 시설의 설계 기술을 확보하여 기초자료로 활용
- 유출량이 급증하는 하수관거 불량 및 용량부족 지역의 우수 관거 설계에서 합류맨홀의 손실계수를 적용 및 우수 관거 시공 시, 과부하 맨홀의 배수능력 증대를 위한 합류맨홀의 설계 기준 적용
- 도시유역 유사 우수관거 시설 유입에 따른 관거 시설의 배수능력 저감을 개선하기 위한 맨홀에서의 유사퇴적 저감방안을 제시
- 토목건설분야의 도시 배수 시설의 모든 설계에 기준으로 활용 가능한 연구분야로 판단되며, 특히 홍수재해 방지를 위한 각종 시설의 설계기준을 활용될 수 있음

<도시배수시스템 통수능력 평가 및 증대방안>

- 자연유역에서 도시유역으로 토지이용변화가 뚜렷한 신규 개발지역을 대상으로 개발모형을 통한 정량적인 유출해석이 가능함
- 도시배수시스템 통수능력의 정량적인 평가를 통한 실시설계 및 증대방안을 수립하여 내수침수 피해를 저감할 수 있음

<도시 홍수재해 저감을 위한 우수관망시스템 최적 설계 기술>

- 본 연구를 통하여 개발된 내수침수 저감 효과 극대화를 위한 우수관망시스템 최적 설계 기술은 기존 우수관망의 설계 관점을 향상시킴으로써 관련 설계 지침 수립에 활용될 수 있음.
- 개발된 최적 설계 기술을 적용하여 설계 실무 적용성 증대를 위하여 GUI가 구현된 최적 설계 S/W는 우수관망의 설계 일반에 적용될 수 있으며, 개발된 기술을 바탕으로 상용화가 가능할 것으로 기대됨.

5. 결론

기후변화와 도시화에 따른 도시구역에서의 내수침수의 위험성이 가중되고 있는 현 시점에서 내배수시설의 설계 및 운영과 도시침수에 대한 방재 대책 마련이 지속적으로 요구되고 있다. 그러나 현재 도시 배수시설의 설계 및 운영에 관련한 사항은 미국 및 일본의 기준을 적용하고 있는 실정이며, 국내의 현장 및 여건에 맞게 적용하는 데에는 한계가 있으므로 국내 여건에 맞는 설계 및 운영 기법의 개발이 필요한 실정이다. 또한 도시지역의 침수피해 예방을 위해서는 기존 도시배수 시스템의 개선이 필요하며, 이를 뒷받침하는 도시배수 계통의 이론적 근거가 필요하다. 아울러 도시지역에서의 침수 방재 효과를 향상시키기 위해서는 배수계통의 주 시설물에 대한 설계 기술의 선진화가 절실하게 요구되고 있다.

본 연구는 기존의 국내 연구에서 축적된 개별적 요소 기술들을 통합적으로 연계하여 활용할 수 있는 기법 및 시스템 개발의 내용을 포함하고 있으며, 이를 통하여 도출되는 기법 및 기술들은 해당 분야에서의 포괄적인 학문적 성과를 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 건설기술혁신사업(08기술혁신F01)에 의한 차세대홍수방어기술개발연구단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 도시홍수재해관리기술연구단, 국내외 도시홍수예경보 기법의 조사 및 평가, 2004년
- [2] 미국 연방긴급사태관리국 홈페이지, <http://www.fema.gov>
- [3] 심재현, 김영복, 전국상습 수해지구 현황과 대책, 국립방재연구소, 제8권, 제1호, pp.79-94, 2006년
- [4] 일본 국토교통성 홈페이지, <http://www.mlit.go.jp>
- [5] 차세대홍수방어기술개발연구단, 차세대홍수방어기술개발 세미나, 2010년 8월

저자소개

● 윤 세 의(Sei-Eui Yoon)



- 1975년 2월 : 연세대학교 토목환경공학과 (공학사)
- 1979년 8월 : 연세대학교 토목환경공학과 (공학석사)
- 1986년 8월 : 연세대학교 토목환경공학과 (공학박사)
- 1981년 3월 ~ 현재 : 경기대학교 토목공학과 교수

과 교수

<관심분야> : 수공학, 상하수도공학

● 이 재 준(Jae-Joon Lee)



- 1980년 2월 : 연세대학교 토목공학과(공학사)
- 1982년 2월 : 연세대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 1987년 8월 : 연세대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 1991년 7월 ~ 현재 : 금오공과대학교 토목환경공학부 교수

<관심분야> : 수공학, 상하수도공학

● 이 정 호(Jung-Ho Lee)

정회원



- 2001년 2월 : 고려대학교 토목환경공학과(공학사)
- 2003년 2월 : 고려대학교 토목환경공학과(공학석사)
- 2008년 8월 : 고려대학교 토목환경공학과(공학박사)
- 2009년 9월 ~ 현재 : 한밭대학교 토목공학과

전임강사

<관심분야> : 수공학, 상하수도공학