

동력학적 수리해석모델 해석을 통한 하수관거능력 평가

Evaluation of Sewer Capacity using Kinetic Hydraulic Model

양해진^{1*} · 전항배² · 손대익¹ · 이준³

Yang Hae Jin^{1*} · Jun Hang Bae² · Son Dae Ik¹ · Lee Joon³

1 한국수자원공사 수도개발처, 2 충북대학교 환경공학과, 3 GS건설 환경사업본부

(2009년 4월 7일 접수 ; 2009년 8월 27일 1차수정 ; 2009년 9월 28일 2차수정, 2009년 10월 5일 채택)

Abstract

Hydraulic modeling is widely used to simulate wastewater flow. The simulated models are used to prevent flood and many other problems associated with wastewater flow in planning or rehabilitating sewer systems.

In this study, MAKESW (An engineer, South Korea), MOUSE (DHI, Denmark), and SWMM (XPSoftware, USA) are used to hydraulic modeling of wastewater in C-city, South Korea and E-city, Iraq. These modeling tools produced different results. SWMM comparably overpredicted runoff and peak flow. In using SWMM, use of accurate data with a high confidential level, detail examination over the target basin surface, and the careful selection of a runoff model, which describes Korea's unique hydraulic characteristics are recommended. Modification of existing models through the optimization of variables cannot be achieved at this moment.

Setting up an integrated modeling environment is considered to be essential to utilize modeling and further apply the results for various projects. Standardization of GIS database, the criteria for and the scope of model application, and database management systems need to be prepared to expand modeling application.

Key words : MAKESW, MOUSE, SWMM,

주제어 : 동력학적 수리해석, 확률강우량, 하수관거정비

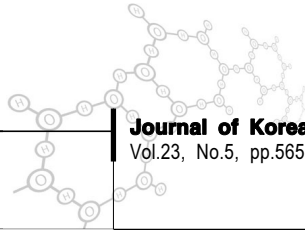
1. 서론

2007년 기준 전국 하수도보급율 87.1%, 시설용량 23,816천톤/일이 가동중이나, 하수관거의 부실로 하수처리장 처리효율이 저하되어 방류수역의 수질개선이 어려운 실정이므로 이를 개선하기 위하여 하수관거 정비사업을 설계 시공 일괄입찰(Turn Key) 및 임대형(BTL) 민간투자사업

방식의 형식으로 사업을 추진하고 있다.

하수관거정비 계획시 국내에서는 대부분의 사업에서 기본 계획 규모결정을 위해 수리해석을 실시하는데, 우수유출량 산정에 있어 합리식을 사용하여 최대우수유출량을 적용하고 현장여건에 따른 우수지체 및 저류현상과 강우사상에 의한 강우분포 등의 고려없이 설계에 적용함에 따라, 하수관거 정비대상이 실제여건에 비해 과다하게 산정되고 있는 특성

* Corresponding author Tel:+82-42-629-3300, Fax:+82-42-629-3349, E-mail: yanghj@kwater.or.kr(Yang, H.J.)



을 가지고 있다. 따라서, 합리적인 하수관거정비를 위해서는 지역 특성 및 시계열의 강우사상을 고려한 수리해석이 필요하다.

이에 본 연구에서는 지역여건의 특성을 반영한 수리해석을 실시하여 하수관거정비 규모의 타당성을 검토하고자, 국내에서 하수관거정비 기본계획 수립 및 기본설계에서 범용적으로 사용되고 있는 MAKESW S/W와 시계열 강우사상에 의한 수리해석이 가능한 국외 프로그램인 MOUSE (Modelling of Urban Sewer)와 SWMM S/W를 이용하여 연구를 시행하였다.

2. 연구방법

하수관거 수리해석의 주된 목적은 기존 하수관거에서 통수능 부족, 역경사, 최소유속 미달, 최대유속 초과 등과 같은 관거에 대해서 개량여부를 판단하고, 신설관거는 현장여건에 적합하게 결정한 계획노선에 대해 계획하수량이 유입될 때의 관경 및 경사를 최적화시키는 것이다.

본 연구에서는 하수관거정비를 위한 수리해석 모델을 검토하였으며, 모델의 기본구조를 분석하고 모델링을 위한 기초작업을 수행하여 시뮬레이션 결과를 분석하였다.

2.1 하수관거 해석모델 특성 비교

일반적인 하수관거 해석모델은 정적인 모델과 동적인 모델로 구분할 수 있다. 정적 해석모델은 특정한 설계 강우사상을 적용하고 합리식 등에 의해 표면 유출을 분석하고, 등류가정한 관로 흐름 해석을 적용한 모델을 의미하며, 동적 해석모델이란 실제 현상과 유사한 시간 또는 공간에 따른 강우사상의 변화를 수치화하여 적용하여 표면 유출을 수행하고, 시간에 따른 영향과 하류 수심에 의한 동수경사의 변화를

고려하여 관내 흐름을 부정류로 해석하는 모델을 말한다. <Table 1>에는 하수관거 해석에 적용하고 있는 대표적인 해석모델의 특성을 비교하였다.

<Table 1>의 합리식, RRL, ILLUDAS 등은 원래 하수관거 보다는 도시 소유역의 표면 유출과 수로(강, 하천)에서의 개수로 흐름 해석에 적용했던 모델들이다. 이 중 합리식을 적용한 MAKESW와 같은 모델은 정적 모델로서 도시 배수구역의 예비해석이나 작은 소유역에서의 하수관거 설계에 제한적으로 적용이 가능한 것으로 평가되고 있다. 그러나 국내에서는 이러한 적용의 한계에도 불구하고 과거 대부분의 합류식 하수관거의 설계에 일반적으로 적용되어 왔던 것이 사실이다. 합리식과 같은 정적 모델은 유출유량이 동적 모델에 비해 과다하게 추정되므로 설계측면에서는 통수관경을 크게 확보할 수 있어 안전한 측면이 있으나, 강우가 발생하지 않는 평시에는 통수량에 비해 관경이 크게 산정되어 대부분 최소유속 기준을 만족시키지 못하는 부작용이 있다.

동적 수리해석이 가능한 SWMM이나 MOUSE의 경우에는 기존 하수관거의 통수능 평가나 진단, 신설관거 설계에도 가능하고, 도심 시가화 지역에 대한 강우유출 관련 예비해석, 세부 해석에도 적용되며 도시 침수현상을 예측하기 위한 침투유량 예측, 홍수량 산정 등에 폭넓게 적용할 수 있다. 특히 최근과 같이 기후변화에 따라서 강우현상이 급변하고, 집중화 되는 실제 현상을 반영하기 위해서는 수문 특성을 적절히 반영하고 모의 할 수 있는 동적 해석 모델의 필요성이 더욱 증대되고 있다. 특히 기존의 설계 강우 개념이 적용되는 정적 해석모델로는 신속한 우수 배제 및 침수 방지와 같은 하수관거의 우선적인 기능과 성능을 적절히 분석할 수 없기 때문에, 이러한 동적 모델을 적용한 통수능 진단과 설계 적용이 점차 확대되고 있는 추세이다.

Table 1. Model Characteristics of Analyzing Sewer Network

적용목적별 구분	합리식 (MAKESW)	RRL	ILLUDAS	SWMM	MOUSE
한계호우사상의 선택	부적당	열등함	열등함	양호	양호
도시지역의 예비 해석	적당함	양호	매우 양호	양호	양호
도시지역의 세부 해석	열등함	열등함	양호	매우 양호	매우 양호
지체, 저류용량 해석	부적당	열등함	양호	양호	양호
지체, 저류용량 설계	부적당	열등함	양호	매우 양호	양호
하수관거 통수능 해석	부적당	부적당	부적당	양호	양호
하수관거 설계	소유역 적당	양호	양호	양호	양호
소규모 대상지역의 침투유량 예측	양호	양호	매우 양호	양호	양호

2.2 하수관망 수리해석모델 선정

기존의 관망해석은 MAKESW, 엑셀 계산프로그램을 이용하여 정적인 수리해석을 수행하였으나, 최근에는 시계열 데이터에 의한 동적인 수리해석이 가능하고 지표유출에 의한 오염부하, 관거내 퇴적물 및 미생물에 의한 수질 변화를 예측할 수 있는 MOUSE, SWMM과 같은 프로그램이 설계 시공일괄입찰(T/K) 및 임대형(BTL) 민간투자사업 등에 적용되고 있다.

MAKESW는 합리식 유출해석 모델과 등류 또는 부등류 관내 흐름해석이 가능한 상용 모델로 국내 적용실적이 가장 많다. 그러나 일반적으로 시계열 강우분포에 대한 해석이 불가능한 정적 해석모델로 알려져 있다. 합리식을 적용하는 경우 적용범위가 5km²로 제한되며, 적용 면적이 늘어나는 경우에는 중첩 현상등에 의해 유출량이 과다하게 평가될 수 있는 것으로 알려져 있다.

반면에 SWMM과 MOUSE는 다양한 장단기 시계열 강우 사상의 적용이 가능한 동적 해석모델이며, 적용 목적에 따라서 다양한 지표면 유출해석 및 관내 수리해석 모듈을 선택적으로 적용할 수 있다는 장점이 있다.

MOUSE는 덴마크의 DHI Water & Environment사에서 개발하여 판매하고 있는 상용모델로 표면 유출, 개수로 및

관로 수리해석과 수질해석 등에 광범위하게 적용될 수 있다. 복잡한 수리-수문, 수질해석 원리가 구현되어 있으며, 그래픽 기능을 보유하여 사용자 편의성을 제공한다. MOUSE의 5개 수리해석 모듈 중에서 동적 수리해석이 가능한 MOUSE-HD에서는 SWMM과 유사한 Dynamic Wave법을 사용할 수 있으며, 유출모델로 합성단위도법의 일종인 시간-면적법을 적용하는 경우 저류영향을 고려하기 위해서 관로 유입부에 선형 저류법을 동시에 적용하여야 한다. SWMM은 미국 환경청에서 최초로 개발하여 무상 배포하고 있는 공용 모델로 사용자 요구에 따라서 지속적인 기본 모델의 개선이 이루어지고 있으며, 상용 버전의 경우 제공자에 따라서 유용한 그래픽 기능과 사용자 정의 기능의 구현이 가능하다. 공용 모델의 경우에도 소스파일을 제공하므로 사용자가 모델을 수정하거나 새로운 모델을 연계하여 활용할 수 있다.

SWMM에서는 기본적으로 지표면 유출 해석을 위해서 단위소유역을 세분화하고, 저류와 침투 등을 고려하는 강우손실모델과 비선형저류법을 적용하고 있으며, 이에 따라서 입력구성이 복잡하고 다양한 매개변수를 고려해야 하는 단점이 있다. 특히 유출해석모델에 적용되는 단위소유역의 유역 폭(W)은 유출유량에 대한 민감도가 매우 큰 매개변수이나,

Table 2. Comparison of Sewer Simulation Model

구 분	MAKESW	MOUSE	SWMM
개 요	<ul style="list-style-type: none"> 하수관망프로그램으로 국내 관거계획에 대다수 사용 	<ul style="list-style-type: none"> 도심지역의 표면유출계산과 유량을 유체역학적으로 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 각종 수리구조물에서 하수와 우수의 흐름 및 오염진행 과정을 포함
지 표 면 유출모델	<ul style="list-style-type: none"> 누가유역면적에 유출계수를 적용하는 합리식 	<ul style="list-style-type: none"> 강우손실모델 시간면적법 선형저류법 	<ul style="list-style-type: none"> 강우손실모델 비선형저류법
관 내 수리모델	<ul style="list-style-type: none"> 등류공식 <ul style="list-style-type: none"> Manning, Kutter 부등류공식 <ul style="list-style-type: none"> Standard step method 	<ul style="list-style-type: none"> Saint Venant법 About 6점법 음해법 운동파(Dynamic Wave)모델 확산파(Kinematic Wave)모델 	<ul style="list-style-type: none"> Saint Venant법 Gauss-Seidel법 음해법 운동파(Dynamic Wave)모델 비선형저류법
특 징	<ul style="list-style-type: none"> 공개 범용 프로그램 단순 입력작업에 의한 Data 작성 및 변경 용이 중단, 횡단 동시작업 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 지표면유출 관거내 수질 모의 지리정보시스템과 연계 시설물의 실시간 제어 모의 	<ul style="list-style-type: none"> 지표면 유출 수리 및 수질 모의 수리시설물 모의 지리정보시스템과 연계 시설물의 실시간 제어 모의
제한요소	<ul style="list-style-type: none"> 합리식 적용범위는 500ha(5km²) 이내의 소유역으로 한정 	<ul style="list-style-type: none"> 시간-면적법의 경우 저류 및 확산의 영향을 고려하지 않음 시간-면적법의 경우도 2,600ha (26km²) 이내의 소유역으로 한정 	<ul style="list-style-type: none"> 합성단위도법의 경우 2,600ha (26km²) 이내의 소유역으로 한정 유출모델의 매개변수 결정이 복잡

다양한 형상의 실제 단위 소유역에서는 왜곡도 계수를 계산하여 추정할 수 밖에 없는데 일반적으로는 유역길이의 1~2배 사이의 값을 갖게 된다고 한다. 이러한 유역폭의 증가는 저류효과를 감소시켜 침투유출량의 증가와 침투유량 발생시간의 단축을 가져와 유출량의 과다 추정이 일어나는 원인이 된다.

본 연구에서는 상기의 MAKESW, MOUSE 및 SWMM S/W를 이용하여 연구대상지역의 하수관거 수리해석을 실시하였다.

2.3 하수관망 기초자료 구축

GIS 하수관망 구축은 CAD상에서 선행 작업을 실시 한 후, Arcview GIS 및 Arc Info를 이용하여 C시 및 이라크 E시의 하수관망 GIS 자료를 추출하였다. Node 및 Link data 구축은 GIS 자료를 이용하여 Node의 X, Y, Z 좌표,

지반고, 맨홀내경 등을 추출하였고, Link의 관경, 관중, 길이, 관저고 정보를 입력하였다. Catchment data 구축과정은 배수구역 면적을 각각의 node 및 link에 해당하는 소유역으로 분할하여 측정하였고, 소유역에 해당하는 인구수와 유역의 유출계수를 추정하여 관망해석을 실시하였다.

2.4 강우량 데이터 구축

C시 강우량 데이터는 관계계획인 도시하천보고서(건설부), 하수도정비 기본계획 및 하수관거정비 BTL 기본계획을 검토하여 강우강도식을 선정하였고, 이라크 E시는 강우자료가 충분치 않아 유엔 프로젝트 서비스국에서 산정한 강우강도식으로 결정하여 적용하였으며 그 내용은 다음 <Table 3>과 같다.

C시의 강우패턴 도출은 국내 주요지점에 대한 강우의 시간적 분포에 관한 연구로서 “지역별 설계 강우의 시간적

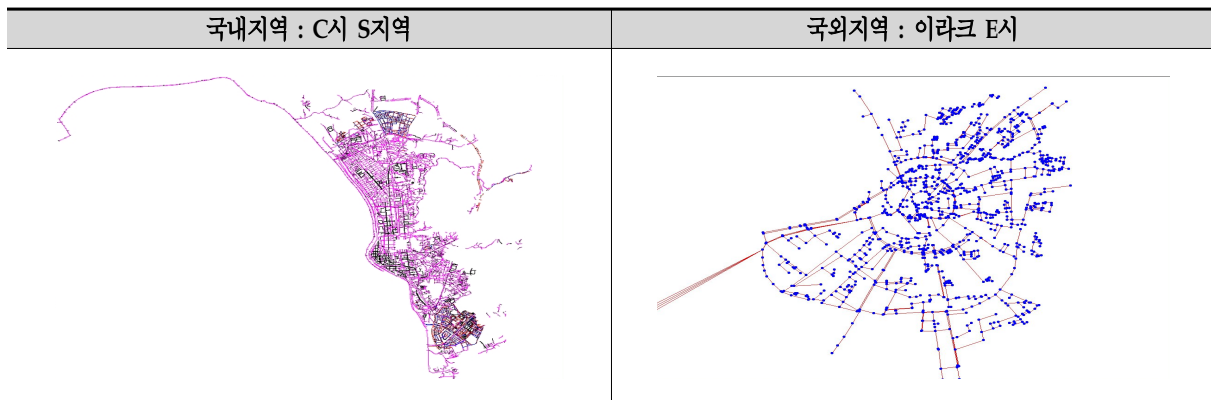


Figure 1. Sewer Network Map

Table 3. Rainfall Intensity

구 분		강우강도식		IDF 곡선	
국내 (C시)	근거	C시 하수관거정비 BTL (C시, 2005)		IDF 곡선	
	강우 강도식	5년	$I_5 = \frac{6,570}{t + 41}$ $t_{30min} = 92.54$		
국외 (E시)	근거	유엔 프로젝트 서비스국		IDF 곡선	
강우 강도식	5년	$I = \frac{1,000}{t + 30}$	$t_{30min} = 16.67$		

분포(2000, 건설기술연구원)에서 비교된 Yen & chow 방법, Huff방법, Keifer & chu 방법, Pilgrim & Cordery 방법 중 강우의 통계적 특성을 고려한 Huff의 4분위법(Huff's Quartile Method)을 선정하였다. 전 지속시간에 대하여 2분위가 최빈값을 보이므로 이를 적용하여 계획강우의 시간적 분포를 결정하였다. 강우분포 과정은 분위별 무차원 누가우량곡선식을 결정한 후(분위결정) 지속시간에 따른 누가우량을 결정하고, 지속시간별 누가우량차이를 계산하여 시간별 우량추상도를 산정하였다.

강우지속시간은 30~300분까지 분포하여 모델에 적용하여 유출량이 최대가 되는 지속시간(180분)을 임계지속시간으로 결정하였으며, 이는 다음의 <Table 4>와 같다.

E시의 경우 현재 강우자료가 부족하여 현재 널리 이용되는 Huff의 4분위법의 적용이 불가하여, 최근까지 강우자료가 없는 곳에 널리 쓰이는 Mononobe 방법을 적용하였다. 강우

지속시간을 60~360분까지 분포하고 침투 유량을 지속시간 중앙에 배치하여 확률강우량을 산정하였다. C시 임계지속시간 결정과 마찬가지로 유출량이 가장 큰 곳 6곳을 대상으로 지속시간별 유출량을 계산하여 침투유출량을 나타내는 지속시간(120분)을 임계지속시간으로 결정하였다.

2.5 오수량 데이터 구축

C시 S지역의 분류식 및 합류식 하류지점의 건기시 1개월간의 측정결과를 분석하여 건기유량패턴을 시간대별 무차원 단위로 산정하였고, 시간최대오수량 원단위는 조사유량 자료를 유추하여 0.536 m³/인/일을 적용하였다. 국외 이라크 E시는 차집관로 2개지점에 대해 유량측정결과를 분석하여 건기유량패턴을 도출하였고, 시간최대오수량 원단위는 0.270 m³/인/일로 적용하였다.

Table 4. Critical Rainfall Duration (C-city in Korea)

(Unit : m³/s)

지속시간 (min) \ 유출관로	30	60	90	120	150	180	240	300
OUTLET 1	0.882	1.773	2.311	2.604	2.759	2.806	2.798	2.786
OUTLET 23	0.12	0.257	0.328	0.349	0.355	0.356	0.348	0.337
OUTLET 30	0.607	1.037	1.231	1.398	1.480	1.491	1.478	1.456

Table 5. Critical Rainfall Duration (E-city in Iraq)

(Unit : m³/s)

지속시간 (min) \ 유출관로	60	90	110	120	150	180	240	360
OUTLET C-1	8.621	9.333	9.342	9.351	9.309	9.301	9.115	8.4
OUTLET C-2	8.621	9.333	9.342	9.351	9.309	9.301	9.115	8.4
OUTLET C-3	8.621	9.333	9.342	9.351	9.309	9.301	9.115	8.4
OUTLET C-4	8.621	9.333	9.342	9.351	9.309	9.301	9.115	8.4
OUTLET S-2	3.813	3.856	3.98	3.981	3.767	3.72	3.347	2.77
OUTLET S-3	1.771	1.788	1.801	1.804	1.711	1.593	1.324	0.956

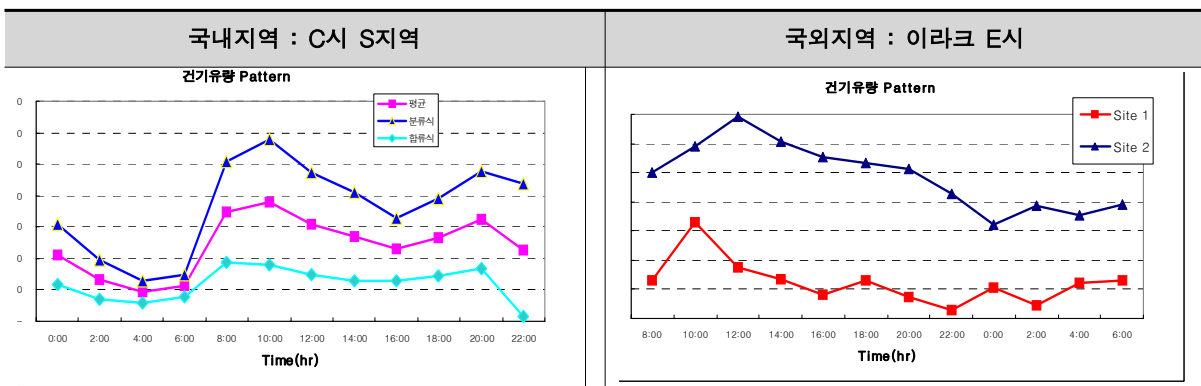


Figure 2. DWF Pattern

3. 결과 및 고찰

3.1 해석모델 적용결과

각 각의 연구대상지역에 MAKESW, MOUSE 및 SWMM 모델이 적용하였으며, 수리해석결과는 수리학적 성능을 분석하고 판단하는데 활용하였다. 실제하수량이 한계유량보다 큰 경우에는 통수능부족 관거로 판정하게 되며, 통수능 부족관거로 판정되면 관거가 실제 하수량을 정상적으로 통과시킬 수 있는 적정 관경을 산출하여 제시하게 된다.

<Table 6>에는 각 지역별로 적용 모델의 차이에 따른 통수능 부족관거 연장을 비교하였다. 통수능 부족 관거가 많이 나타나게 되면 자연스럽게 관내 유속도 증가하게 되므로 최대유량 초과관거가 증가하고, 최소유속 미달관거는 감소하는 경향을 보이게 되며 실제로 각 모델별로 유사한 결과가 나타났다.

C시 S지역의 경우는 MOUSE의 결과에 의한 통수능 부족 관거 연장이 가장 작게 나타나고 있으며, MAKESW가 MOUSE의 약 3.3배 가량으로 많고, SWMM의 경우에는 MOUSE의 약 5.6배, MAKESW의 약 1.7배에 달하는 통수능 부족관거가 나타나고 있었다. C시의 경우는 비교적 발달된 도심지역인 M하천 유역에서 SWMM의 동적 모델로 판정한 전체 통수능 부족관거의 50% 이상이 나타나고 있어, 이 지역의 배수체계에 문제가 있음을 알 수 있었다. 그러나 유사한 동적 수리해석 모델에서 MOUSE와 SWMM의 결과가 5배 이상 차이를 보이고 있는 원인은 정확하게 판별이 불가능하였다. SWMM의 경우는 침투유출이 과도하게 집중되거나, 관로 흐름 해석시 발산이 일어난 때문으로 추정되었으며, MOUSE의 경우에도 일반적으로 예상할 수 있는 범위보다는 침투유량이 급격히 완화되고 지체 영향이 크게 나타나 문제점이 있을 것으로 추정되었으나, 뚜렷한 원인은 파악할 수 없었다. 대상지역의 실측유량과 침수범람 이력 등을 조사하여 추가적인 검증이 필요한 것으로 판단되었다.

이라크 E시의 경우는 국내의 도시와는 지역적 특성이 많이 상이한 곳으로 광대한 평단지형의 건조지대에 비교적 낮은 관거 밀도를 가지고 있는 지역이었으며, 설계 강우강도는 6.7mm/hr로 임계지속시간이 120분으로 설정되고 있어 비교적 완만한 강우사상을 적용하였다. 이 지역의 수리해석 결과에서도 SWMM의 경우가 통수능 부족이 가장 적게 나타났다으며, MAKESW나 MOUSE는 SWMM보다 약 1.7배 많은 결과를 도출하였다.

SWMM 모델의 동적 해석 결과는 전체 대상지역에서 전반적으로 유출의 지체효과가 적고 침투유출이 집중되는 현상을 보였으며, 이는 SWMM의 유출모델에서 일반적으로 과도한 유출량과 침투유량 집중 현상이 발생한다는 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 이러한 결과로 볼 때, 전체적으로 SWMM에서는 유역폭, 유역경사 등 유역관련 매개변수에 대한 추가적인 보정이 필요할 것으로 판단되었다.

<Table 7>에는 동일한 강우시계열을 입력하여 동적 해석을 적용한 MOUSE와 SWMM의 전반적인 모의조건과 유출유량의 관계를 비교하여 나타내었다. C시, 이라크 E시가 각각 인구밀집 도시화 지역, 개발율이 낮은 대도시의 특성을 반영하고 있는데, 이전 모델이 적용된 조건으로 보면 관거밀도가 높은 C시는 기존 관거의 개보수를 목적으로 한 진단을 위해 적용된 사례로 볼 수 있고, 이라크 E시의 경우는 도시 전체의 배수특성을 파악하여 간선관로를 신설하기 위한 기본계획 수준의 모델 적용이었음을 알 수 있다. 따라서 C시의 경우 집수구역이 매우 세분화되고 지역 내에 있는 관로의 거의 전부가 모델에 포함되어 복잡도가 높은 반면, 이라크 E시의 경우는 기존 관거가 대상면적에 비해 많지 않고 매우 단순화되어 모델에 반영되어 있음을 알 수 있다. 이러한 모델의 해상도 차이는 유역 특성이 결과에 큰 영향을 미치는 동적 모델에서 지체와 저류효과가 충분히 반영되지 않고 있는 SWMM 유출모델의 문제점을 다시 확인하게 하였다.

Table 6. Capacity Deficiency of Sewer Network

구분	관형태	관경	연장(m)			비고
			MAKESW	MOUSE	SWMM	
C시 S지역	원형관	D250 ~ D1200	32,905	9,778	49,565	5년 빈도 지속시간 180분
	BOX	0.3 X 0.1 ~ 3.5 X 2.0	6,591	2,032	16,365	
	계		39,496	11,810	65,930	
이라크 E시	원형관	D200 ~ D1200	40,770	34,979	23,292	5년 빈도 지속시간 120분
	BOX	0.3 X 0.5 ~ 2.5 X 2.0	6,294	8,166	4,734	
	계		47,064	43,145	28,026	

Table 7. Application Condition of Hydraulic Modelling

구분	C시 S지역		이라크 E시		비고
	MOUSE	SWMM	MOUSE	SWMM	
유역 면적(km ²)	69		120		
처리대상인구(인)	269,122		718,800		
관로 총연장(km)	319		247		
총링크수(개)	12,526		1,328		
총노드수(개)	12,249		1,273		
인구 1,000인당 노드수(개)	45.5		1.8		
평균관로경사(‰)	35.4		5.5		
평균관로연장(m)	33.5		171.1		
평균관로직경(mm)	519.9		768.3		
설계강우강도(mm/hr)	29.8		6.7		재현기간 5년빈도
강우지속시간(min)	180		120		
총강우량(m ³)	6,168,600		1,608,000		
총유출량(m ³)	846,621	2,920,139	269,873	929,160	
저류 및 침투량(m ³)	5,321,979	3,248,461	1,338,127	678,840	

3.2 해석결과 고찰

각 모델별로 결과의 편차가 크게 나타나고 있음이 확인되고 있음에도 불구하고, 기존의 MAKESW의 정적인 모델해석에 비해서 MOUSE와 SWMM 등 동적 해석 모델은 지역적인 특성과 보다 현실적인 강우현상에 따른 하수관거의 거동을 보다 정확하게 파악할 수 있게 해주는 장점이 있었다. 하류 관로의 통수능 부족으로 인한 범람이 상류로 다시 전파되는 현상을 확인하여 강우지속에 따른 침수지역 확대와 통수능 부족 관거 증가 현상을 설명할 수 있었으며, 각 지역의 침수 원인을 파악하는데도 실질적인 도움이 될 수 있었다. MAKESW에서는 이러한 현상이 검토되지 않아 통수능 부족관거가 분산된 위치에서 발견되는 경향이 있으나, 동적 해석모델에서는 이러한 연관관계에 따라서 통수능 부족관거가 밀집되는 경향이 나타났다.

하수관거에 대한 동력학적 해석 모델을 적용하는 경우에는 모델의 활용 목적에 따라서 적절한 해상도의 기준이나 단순화 기법이 필요한 것으로 판단되었다. 적용되는 하수관망은 매우 조밀하게 구성되어 있는데 비해 결과에 큰 영향을 미치게 되는 유역의 특성 자료는 정확도와 신뢰도가 낮은 방법으로 추정되어 입력된다면 결과의 신뢰도가 더욱 감소하게 된다. 따라서 향후 동력학적 모델을 적용할 때는 모델의 활용 목적에 맞게 적절한 해상도의 관망을 구성하는 단순화 기준과 이에 맞게 적절한 신뢰 수준의 입력 자료 구성을 확보하는 것이 매우 중요하다고 판단된다.

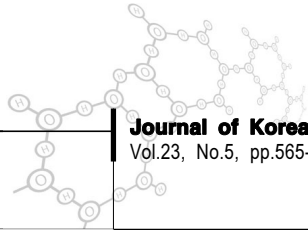
4. 결론

하수관거 정비사업 계획 수립시에 실무에서 적용이 늘고 있는 MOUSE, SWMM 등과 같은 동력학적 하수관거 해석을 시범적으로 적용하여 결과를 비교하였으며, 도출된 결론은 다음과 같다.

각 대상지역에 구축된 하수관망 정보를 활용하여 가상의 관거 모델을 수립하고, 다양한 기상 및 강우조건에서 모의가 가능한 동력학적 해석 모델은 종래의 정적인 해석모델에 비하여 설계와 진단에 유용한 정보를 더 많이 제공해 줄 수 있었다. 특히 동력학적 해석 모델로부터 얻을 수 있는 정보는 침투유량의 도달시점과 공간적인 위치, 범람 발생에 따른 침수영향권 등에 대한 정보로서, 설계자가 이러한 문제를 해소하기 위해서 대안을 선택하고 신속하게 평가 할 수 있는 도구로 유용하였다.

SWMM 해석모델을 대상지역에 적용하여 본 결과, 다른 모델과 비교하여 유출유량과 침투량이 과다하게 산정되는 현상을 확인하였으며, 향후 이 모델을 활용하는 경우에는 단위 배수유역과 관련하여 보다 신뢰성 있는 기초자료를 확보하여 표면에 대한 정밀한 분석을 수행하고, 우리나라의 도시유역 배수특성에 적합한 유출모델을 채택할 필요가 있음을 파악하였다. 매개변수의 최적화를 통한 기존 모델의 보완방안은 아직 일반화되기 어려운 실정이었다.

MOUSE, SWMM과 같은 동력학적 해석모델의 효과적인



활용을 위해서는 통합된 모델링 환경의 구축이 필요하며 GIS DB를 활용하는 자료 구조의 표준화, 모델 적용 범위와 기준의 준수, 자료 관리체계의 확립이 선행되어야 할 것으로 판단되었다.

동력학적 하수관거 해석모델에 대한 적용기준과 절차를 확립해야 할 뿐만 아니라, 이러한 해석결과를 설계와 진단에 반영할 수 있도록 방재성이 더욱 강화된 하수도 시설기준, 하수관거 설계운영지침 등의 재개정을 위한 추가적인 연구와 검토 활동이 추가적으로 필요하다.

참고문헌

1. 도시홍수재해관리기술연구사업단. 도시유출 해석모형의 실무 적용 지침(안) 및 적용예제. pp. 11-65.
2. 김종석, 안재현, 문영일, 오태석(2005). MIKE SWMM 모형을 이용한 도시유출분석에 관한 연구. 한국수자원학회논문집, 제 38권, 제11호, pp. 907-916.
3. 윤세희(2004). 도시홍수재해 해석기술개발. 한국수자원학회지, Vol.23, No. 8, pp. 23-30. 1. 한국상하수도협회(2005), 상하수도시설기준, 환경부.
4. 이두진(2006). 하수관거 정비사업의 새로운 시도와 과제. 계간 상하수도 여름호, pp.130-139, 2006.
5. 이양재, 이정호, 김중훈(2005). SWMM 모형의 유역폭 산정. 2005 대한토목학회 정기학술대회 논문집, pp. 1315-1318.
6. 이종태, 김태화, 허성철(2004). 강우특성에 따른 ILLUDAS, SWMM 모형의 주요 매개변수 민감도 분석. 2004 대한토목학회 정기학술대회 논문집, pp. 3976-3980.
7. 이종태, 허성철, 김태화(2004). 도시유출모형(SWMM) 매개변수의 최적화. 2004 대한토목학회 정기학술대회 논문집, pp. 737-742.
8. 이종태, 허성철, 김태화 (2005). 설계강우조건에 따른 SWMM 모형 매개변수의 민감도분석. 한국수자원학회논문집, 제38권, 제3호, pp. 213-222.
9. C시(2001). C시 하수관거 정비 기본계획 변경.
10. 한국수자원공사(2006). 이라크 E시 상하수도 현대화 시범사업 하수도 기본계획 보고서.
11. 허성철, 윤재영, 이종태 (2006). SWMM 모형의 RUNOFF 블록에서의 유역폭 산정방법의 개선. 2006 대한토목학회 정기학술대회논문집, pp. 1922-1925.
12. 환경부(2007), 하수도정비기본계획수립지침. 환경부 생활하수과-2819호.
13. DHI Water & Environment (2007). MOUSE Pipe Design User Manual.
14. Evans, T. D. and Eadon, A. R. (Ed.) (2007). Action Workshop Report on Urban Runoff Modelling - Why Not Do It Properly?, Foundation of Water Research & WAPUG, UK.
15. Gabriele Freni et al. (2003). The State-of-the-art in Urban Drainage Modelling. Care-S Report - EVK1-CT-2001-00167.
16. Horton, R. E. (1945). Erosional Development of Streams and their Drainage Basin: Hydro-physical Approach to quantitative Morphology. Bull. Geol. Soc. Am., Vol. 56, pp. 275-370.
17. Jiri Kubik, et al. (2005). Modelling Hydraulic Performance Conclusive Report. Care-S Report - EVK1-CT-2001-00167.
18. UDFCD (2006). Urban Storm Drainage Criteria Manual. Vol. 1. Urban Drainage and Flood Control District, Denver, Colorado, USA.
19. USEPA (2008). Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0. EPA/600/R-05/040.
20. Wastewater Planning Users Group(2002). Code of Practice for the Hydraulic Modelling of Sewer System. Ver. 3.001.
21. Wastewater Planning Users Group(2006). Guide to the Quality Modelling of the Sewer System. Ver. 1.0.