

내수침수의 영향을 고려한 홍수범람 비교연구

Comparison of Flood inundations Considering the Inland Flood

백형조* · 이현석** · 이용곤*** · 고덕구****

Hyung –Jo Baek, Hyun –Seok Lee, Yong–Kon Yi, Deuk – KooKoh

요 지

본 연구에서는 천수방정식을 지배방정식으로 하고, 유한 체적법에 기반을 둔 FLUMEN 수치모형을 이용하여 홍수범람 모의를 수행하였다. 본 연구의 대상유역은 평택시 내에 있는 상수침수지역인 안성천과 통복천의 합류지점을 선정하였다. 대상유역에서 외수침수의 조건으로 범람이 되었을때와 도시유출(urban runoff)경계조건을 가미하여 내수침수로 인해 도시내 침수가 발생했을 시에 모의된 침수결과를 비교·검토하였다. 또한 도시유출로 인한 내수침수시에 도시내 배수펌프의 원활한 작동유무의 영향을 모의하였다. 모의된 결과를 살펴보면, 외수침수만을 고려하여 모의된 결과와 내수침수 조건을 가미한 모형의 결과는 도시내 침수면적과 침수심에서 확연한 차이가 나타남을 알 수 있었다. 또한 배수펌프의 유무에 따라 도시내의 침수심 부분에 있어서 많은 차이를 보임을 알 수 있었다. 본 모형의 결과는 향후 실제 지형에서의 홍수 피해를 예측하는 경우 하천 범람과 더불어 근래의 급격한 도시화에 따른 도시유출을 동시에 감안하여 그 피해를 최소화 할 수 있는 기초자료로 이용되어 질 수 있을 것으로 사료된다.

핵심용어 : 홍수범람, 내수침수, FLUMEN

1. 서 론

최근의 우리나라 홍수피해 상황을 살펴보면 최근 10년 간 매년 홍수로 인해 연평균 106명의 인명피해와 6,811억원의 재산피해를 겪고 있다(김양수, 2002). 상습피해지역의 경우 공통적으로 급속한 도시화가 진행되고 있어 홍수피해 잠재력을 엄청나게 증가시키는 결과를 초래하고 있고, 홍수에 취약한 저지대는 면적상으로는 국토의 단지 일부분에 불과하지만 인구나 경제력은 상당부분이 이지역에 위치해 있어 문제의 심각성을 더해주고 있다. 안성천과 통복천의 합류지점의 주변은 상수침수 역으로써 과거 홍수시에 잦은 재산손실이 발생하였던 곳이다. 최근의 침수피해로서는 2002년 집중호우로 평택시 통복교 주변의 10여가구가 침수되어 주민들의 상당한 재산손실을 가져왔다. 통복천 침수지역의 피해원인을 살펴보고 분석해본 결과 피해당시 통복천내의 제방이 건설되지 않은 지역으로서 가옥이 제방역할을 수행하도록 되어 있어 홍수피해의 위험성을 안고 있었다. 또한 안성천이 만수위에 도달하였을 때 통복천의 배수가 이루어지지 않음과 동시에, 제내지 쪽의 하수관로 또한 역류하여 가옥 침수가 발생하였다. 따라서 통복천의 침수원인은 내수배제불량으로 인한

* 한국수자원공사 수자원연구원 공동연구원·E-mail : bhc0315@kowaco.or.kr
** 한국수자원공사 수자원연구원 공동연구원·E-mail : leehs@kowaco.or.kr
*** 정회원·한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원·E-mail : yongkon@kowaco.or.kr
**** 정회원·한국수자원공사 수자원연구원 수석연구원·E-mail : dkkoh@kowaco.or.kr

내수침수로 조사되었다.. 이와 더불어 안성천이 만수위에 도달했을 때 안성천과 통복천에 의한 범람으로 인해 침수지역이 증가될 위험성이 있는 만큼 외수침수해석과 내수침수해석을 동시에 고려해야 할 필요성이 제기된다. 본 연구에서는 외수침수해석과 내수침수해석을 동시에 할 수 있는 **FLUMEN** 수치모형을 이용하여 홍수범람모의를 수행하고자 한다. 최근 **FLUMEN** 모형을 이용한 최근 국내 연구로서 배용훈등(2005)이 구리지역을 중심으로 **FLUMEN** 모형의 적용의 타당성검증을 실시한 바 있다.

2. 지배방정식

FLUMEN 모형은 2차원모형에서, 한 셀에서 그 다음 셀을 통과하는 흐름은 수위(Water level), 유속, 흐름방향의 차이를 기본으로 한다. 경계내 건조지역을 초기값으로써 계산을 시작하게 된다. **FLUMEN** 모형으로부터 획득되는 자료는 수위, 수심, 유속등이다. **FLUMEN** 모형의 지배방정식은 수심적분된 비선형 천수방정식으로서 보존형으로 나타내면 다음과 같다.

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial E}{\partial x} + \frac{\partial G}{\partial y} + S = 0 \quad (1)$$

식 (1)에서 보존형 변수 벡터 U 는 수심 h 와 비유량 q 와 r 의 향으로 다음과같이 나타낸다.

$$E = \begin{pmatrix} h \\ q \\ r \end{pmatrix} \quad (2)$$

한편, x 축 및 y 축 방향의 flux 벡터 E, G 와 생성항벡터 S 는 각각 다음과 같다.

$$E = \begin{pmatrix} q \\ \frac{q^2}{h} + \frac{g}{2}h^2 \\ \frac{qr}{h} \end{pmatrix}, \quad G = \begin{pmatrix} r \\ \frac{qr}{h} \\ \frac{q^2}{h} + \frac{g}{2}h^2 \end{pmatrix}, \quad S = \begin{pmatrix} 0 \\ gh \frac{\partial z_b}{\partial x} + \frac{\tau_{bx}}{\rho} \\ gh \frac{\partial z_b}{\partial y} + \frac{\tau_{by}}{\rho} \end{pmatrix} \quad (3)$$

위 방정식은 정수압분포를 가정한 Reynolds 방정식으로부터 유도된 것이다. (하상 전단 응력은 수리평균 유속과 관련된 것을 다음과 같은 관계가 있다. **FLUMEN** 모형은 전체 계산영역에서 불규칙 삼각망을 적용한다. 지배방정식 (1)을 임의의 i 번째 삼각망에 대하여 식 (4)와 같이 적분한후 유한체적법을 이용하였다.

$$\int_{A_i} \frac{\partial U}{\partial t} d\Omega = - \int_{A_i} (E_x + G_y) d\Omega + \int_{A_i} S(U) d\Omega \quad (4)$$

식 (4)에서 A_i 는 삼각형의 면적이다.

3. FLUMEN을 이용한 홍수범람 모의

본 장에서는 **FLUMEN** 모형을 이용하여 대상유역에서 홍수범람을 모의하였다. 유역면적 12.2 km², 유로연장 안성천 2.9km, 통복천 2.7km인 안성천과 통복천 합류지점 부근을 대상지역으로 선정하였으며, 100년, 200년 빈도의 홍수에 대해서 범람모의를 실시하였다. 범람모의는 첫째, 하천범람만으로 인해 침수가 발생했을 경우, 둘째, 하천범람과 함께 도시내에 배수에 대한 시설 미비로 배수가 원활히 이루어지지 않을 때 내수침수가 발생했을 경우, 셋째, 배수 시설을 갖추어 대상유역 내에 있는 배수펌프를 통해 도시에 발생된 유출량에서 배수펌프용량을 감하여 나머지 유출량이 도시에 유출될 경우를 각각 모의하여 비교·검토하였다.

3.1 대상유역 삼각망 구성 및 조도계수 선정

대상유역의 현황은 그림 1과 같다. 대상유역의 삼각망 구성은 그림 2와 같은 불규칙 삼각격자이며, 총 45186개의 요소로 구성되었다. 조도계수는 제외지는 안성천 하천정비기본계획(건설교통부 2002)을 바탕으로 0.025로 산정하였으며, 제내지의 경우는 각 연구지구별로 범람구역을 구분하고, 토지이용현황을 조사하여, 농경지의 경우는 건물 점유율 1%를 적용하여 합성등가조도계수를 산정하였으며, 산정된 제내지 조도계수를 도심지역과 비도심지 지역으로 구분하여, 도심지는 0.110, 비도심지는 0.050산정하였다.

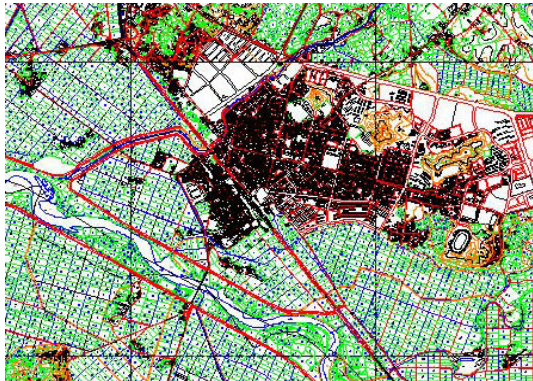


그림 1. 대상유역

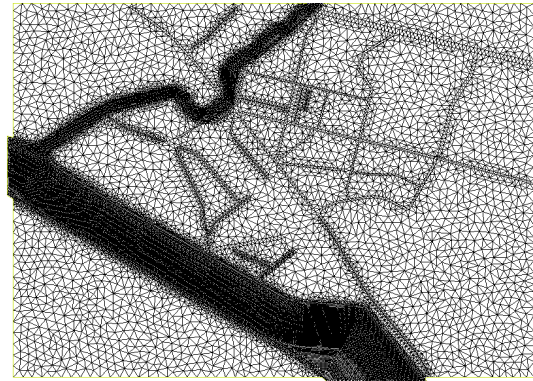


그림 2. 대상유역 삼각망 격자 구성

3.2 경계조건

하천의 상류경계조건으로는 안성천 지역 홍수지도 제작 보고서(건설교통부,2003)에 산정한 빈도별 강수량을 이용하여 100년, 200년 빈도의 홍수량 수문곡선을 산정하였다. **FLUMEN** 모형에서 상류단에 유량으로 경계조건이 주어질 경우 하류경계조건으로는 수위-유량곡선 또는 수위수문곡선이 주어져야 하므로 하류경계조건은 아산만 방조제의 영향을 고려하여 수위수문곡선을 산정하였다. 또한 내수침수의 조건으로는 도시유출 모형인 KIMSTORM모형을 수행하여 도시내 유출지역을 선정하고 그 지역으로 부터의 유출량을 산정하여 모형에 적용하였다.

3.3 홍수범람모의 결과

모델수행결과 100년 빈도 및 200년 빈도에 있어서 하천에서의 경계조건만으로 범람발생을 모의 하였을시 경우 100년 빈도의 경우 안성천에서는 범람이 발생하지 않는 것으로 나타났으며 200년 빈도에 있어서는 통복천 일부 부분과 안성천부근 일부만이 침수가 발생되는 것으로 나타났다. 하천범람과 함께 도시내에 배수에 대한 시설 미비로 배수가 원활히 이루어지지 않을 때 내수침수가 발생했을 경우 하천 부근의 침수는 물론 도시내 상당한 지역의 침수발생 결과를 보였다. 또한 배수펌프가 정상적으로 작동한다고 가정했을 때 100년 빈도의 도시내 유출량은 모두 배수펌프로 인해 유출이 발생되지 않은 것으로 나타났으며 200년 빈도는 대상유역내 배수펌프의 용량을 초과하여 일부의 유량이 도시내로 유출되는 것으로 나타나 그림 6과 같은 결과로 모의 되었다. 배수펌프의 작동 유무의 결과를 비교해봤을 때 배수펌프가 원활히 정상적으로 작동하였을 경우가 그렇지 않을 경우에 비해 침수면적에서는 큰 차이를 보이지 않지만 침수심에 있어서 상당한 차이가 나타나는 결과를 보였다.



그림 3. 100년 빈도(외수침수만고려)

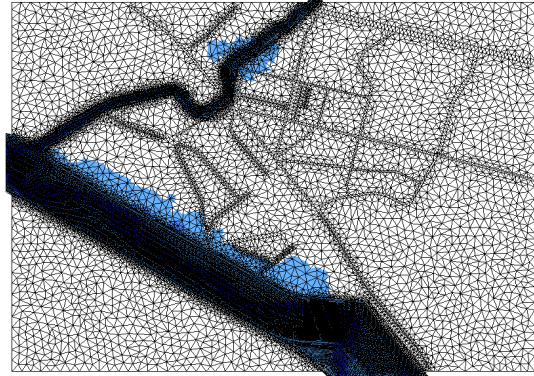


그림 4. 200년 빈도(외수침수만고려)

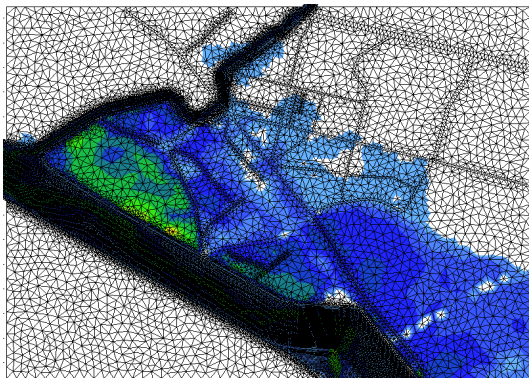


그림 5. 200년 빈도(내·외수침수고려)

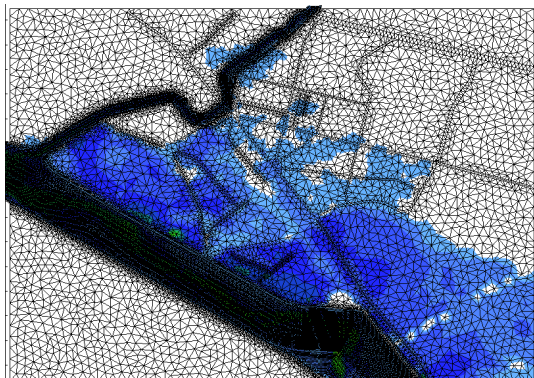


그림 6. 200년 빈도(내·외수침수, 배수펌프 고려)

4. 결 론

본 연구에서는 평택시 내에있는 안성천과 통복천의 합류지점에서 FLUMEN 모형을 이용하여 각 빈도별 하천의 범람을 모의함과 동시에 내수침수의 경계조건을 가미하여 홍수발생시 하천의 범람과 더불어 내수침수가 발생했을 때와 그렇지 않을 때, 또한 내수침수 발생시 배수펌프가 원활히 작동할 때와 그렇지 않을때를 비교 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

먼저, 하천의 범람만을 경계조건으로 하여 모형을 실행하였을 때, 하천에서 범람에 의한 침수피해 정도는 그리 심각하지 않은 것으로 나타났다. 또한 현재 대상유역에 통복천의 직강화 공사와 더불어 안성천과 통복천의 개수공사가 실시되고 있는 것으로 보아 하천에서의 범람에 의한 침수의 피해는 모의된 결과보다 미소할 것으로 추측된다. 반면에 내수침수를 고려하여 **FLUMEN** 모형을 실행하였을 경우 도시내 상당한 범위까지 내수침수로 인한 침수가 발생됨이 모의 되었다. 100년 빈도의 강우는 현재 평택시 대상유역에 존재하는 배수펌프로 인해 도시내에 발생하는 유출량을 제로로 할 수 있지만 200년 빈도의 경우에는 도시내에 발생하는 유출량이 배수펌프의 용량을 상회하는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 바탕으로 어떤 유역에 홍수 피해를 예측하는 경우 하천 범람과 더불어 근래의 급격한 도시화에 따른 도시유출을 동시에 감안하여 그 피해를 최소화 할 수 있는 방안이 요구되어 진다 할 수 있겠다.

감 사 의 글

본 연구는 한국과학기술평가원(KISTEP)으로부터 지원을 받았기에 이에 사의를 표합니다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부 (2002). 안성천 하천정비 기본계획.
2. 건설교통부, 한국수자원공사 (2003). 홍수지도제작(안성천 지역).
3. 김양수 (2002). 2002년 홍수 피해원인과 대책, 한국수자원학회지, 제 35권 제 6호, pp 11-19.
4. 배용훈, 고덕구, 조용식(2005). **FLUMEN** 모형을 이용한 홍수범람모의, 한국수자원학회논문집, 제 38권 제 5호, pp. 355-364.