

지역개발에 따른 설계홍수량 변화

Changes of Design Flood Accompanied by Regional Development

金善柱*, 李廣野**, 權雲赫***
Kim, Sun-joo Lee, Kwang-ya Kwon, Woon-hyuk

Abstract

Changes of meteorology, hydrological mechanism and discharge phenomena by the regional development have caused many technical, social and economical problems. Therefore, the regional development neglecting such changing parameters can provide considerable damage potentials, and as a result, the environmental conservation function of farm land could be diminished.

The environmental conservation and flood control function of paddy area have been investigated to find out the changes of discharge by the regional development. It is important to conserve paddy areas in the region of flooding upstream to protect urban communities in downstream from flood damage.

In this paper, it is suggested that the planning to reduce flood damages in the downstream areas could be attempted through the enhancement project of flood control function in the farm land.

I. 서론

지역개발에 따른 유역의 기상, 수문 및 유출현상 변화는 침수지역의 확대, 내수위 증가로 인한 내수처리 문제, 홍수피해 규모의 증대, 하류부의 홍수량 증가로 인한 경제적 피해와 그 지역주민의 생활양식 변화등을 수반하고 있다. 그러므로 변화요인을 무시한 개발은 상당한 피해 포텐셜을

제공할 수 있게 된다.

농경지가 위주였던 유역을 개발함에 있어서는 홍수량을 재산정할 필요성이 제기된다. 특히 개발범위가 대규모가 아닌 소규모 단지에 있어서도 적절한 변화량을 고찰해야 한다. 지역개발로 인하여 기존의 산림, 초지, 전답등의 자연지역이 공단이나 택지등으로 급속히 변화한 결과, 이제까지 보수 및 우수기능을 담당해오던 이들 지표면

* 건국대학교 농과대학
** 농어촌진흥공사 조사설계처
*** 한국토지개발공사 토지연구원

키워드 : 지역개발, 설계홍수량, 환경보전,
홍수경감, 합리식, SWMM,

들은 아스팔트, 콘크리트포장으로 피복됨으로써 개발유역의 강수, 유출의 수문 메커니즘과 물순환 시스템이 중전에 비해 현저하게 바뀌게 되었다.

인간생활과 생산활동에 깊게 관련되는 「물」이 매스컴에 보도되는 것은, 장마기와 태풍에 동반된 호우에 따른 수해 및 한발로 인한 한해가 발생했을 때이며, 이에 대처하기 위해서 100년 빈도의 홍수와 10년 빈도의 한발을 대상으로 치수 및 이수사업이 추진되고 있다. 따라서, 대유역의 많은 부분을 차지하는 농업지역이 지닌 물의 보전기능은 치수와 이수의 기준년에 있어서 농업생산의 활동저해에 따른 유출변화 등이 하류측 도시지역의 치수와 수리에 미치는 영향의 유무로 평가된다.

본 연구에서는 기존의 농경지 즉, 논지역을 중심으로 환경보전기능과 홍수량 경감기능을 고찰하고, 지형 및 토지이용형태 등의 유역특성과 유출현상의 물리적 과정을 표현할 수 있는 유출모델을 이용하여 지역개발 등에 따른 설계홍수량의 변화를 모의함으로써 논유역의 홍수방지 및 경감기능을 평가하고, 그 기능을 유지·증진시키는 방안을 제시하고자 한다.

Ⅱ. 논 의 환경보전 및 홍수경감 기능

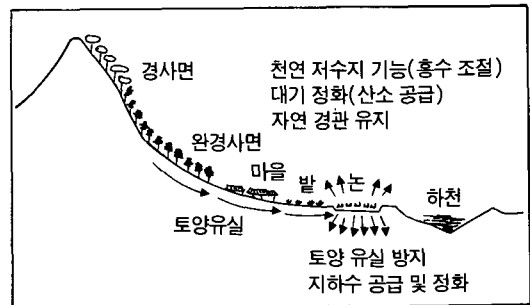
1. 논 의 환경보전

우리나라 벼농사의 역사는 3,000년 이상이며, 벼 작부면적은 1,267,000ha(1994년 현재)로서 전세계 벼 작부면적의 0.8%를 차지하고 있다. 또한 연간 쌀생산량은 7,478,000ton으로 세계 생산량의 1.4%를 차지하는 세계 제11위의 쌀생산국이다.

논의 환경보전 기능은 <Fig. 1>과 같이 크게 세 가지로 구분할 수 있다. 첫째, 홍수를 조절하는 기능이다. 간단히 말해 저수포텐셜 개념(물꼬 높이 30cm)을 도입하여 논에 물을 가둘 수 있는 양을 계산하면 약 36억톤에 달한다. 둘째, 지하수를 공급하고 각종 오염을 저감하는 역할이다. 최근에 들어 와서 하천과 담수호의 오염으로 인해 청정 수자원이

으로 지하수가 각광받고 있는데 이 지하수의 주요 수원이 바로 논이다. 논은 지하수공급 역할과 더불어 지하수 오염저감 기능도 가지고 있다. 벼는 물속의 질소와 인산을 흡수할 뿐만 아니라 화학적 산소 요구량(COD)을 낮추어 주고 있는 것이다. 셋째, 대기오염을 줄이는 기능이다. 식물의 탄소동화작용을 통해 대기중의 탄산가스를 흡수하고 산소를 방출한다. 또한 호흡과 함께 증발산 작용을 통하여 여름철 대기의 온도를 식혀주는 것도 벼의 또 다른 역할이다.

이상과 같은 논 의 긍정적인 역할에 반하여 벼농사에 사용되는 비료와 농약으로 인한 수질오염과 토양오염, 그리고 농약의 독성으로 인한 피해를 논 의 역효과라 할수 있다.



<Fig. 1> Environmental conservation function of paddy field

2. 농경지의 홍수경감기능

우리나라의 기상적, 지리적 조건을 보면, 장마기와 태풍기의 집중호우로 인해 하천에 홍수가 발생하고 주변 평야지대로 범람해 이로 인한 피해는 매우 크다. 대하천의 하류부에는 퇴적물에 의해 형성된 충적평야가 논으로 이용되거나, 또는 우리나라의 대표적인 대도시로 성장하여 공업지대로 발전하였고, 이 때문에 수해시의 피해가 크다. 1970년대 이후 오늘날까지 이들 지역에 중점적으로 치수사업이 행해져 왔으며, 산업발전과 더불어 중상류유역의 급격한 도시화에 따라 수해 위험도는 한층 증가하고 있다.

평야부의 논지대에 계획 기준년을 넘은 큰비가 내리면 침수피해를 입게되어 1~2일간의 침수로

20%내외의 감수피해가 발생하는데, 이는 도시에 비해 그 피해액이 훨씬 적은 것이며, 농경지가 대홍수시 완충 역할을 충분히 수행 할 수 있다는 것을 증명하는 것이다.

논의 기능이 「논은 물을 저류한다」는 것을 바탕으로 한 「단순한 홍수방지 기능론」에서 「논에 물이 저류될 것이다」라는 이론으로 발전되면, 논지역의 담수량 감소를 유발하는 지역개발 사업과는 서로 상반적 입장을 취하게 된다. 그러나, 저지대 평야의 배수개선으로 홍수유량이 하류측으로 신속히 배제 된다면, 저지대 평야의 저류 가능용량의 증가를 의미하는 것이 되고, 평야부의 홍수경감기능 향상에 기여하게 된다고 말할 수 있다.

따라서 농업지역의 홍수방지 기능은 하천 하류측에 피해 포텐셜이 있는 유역에서 의미가 매우 크다. 그러므로 「새로운 농업, 농업정책의 방향 전환」이 요구되는 주변환경의 변화에 부응하기 위하여 농업과 농촌이 지닌 국토, 환경보전기능에 관해 수의관계를 명확히 할 수 있는 정성적 평가방법의 확립이 필요하다.

치수대책을 수립할 경우 하천의 규모에 따라 50년~200년 확률강우로 계획홍수유량을 결정하고 있다. 이 때의 계산방식은 과거 재해시의 유출관측 기록에서 산림과 논지역 등의 모델 파라미터를 구하여 설계 강우시의 유출량을 계산하고, 이를 계획홍수량으로 하고 있다. 이는 치수계획시의 토지이용상황을 바탕으로 계산을 하는 것, 즉, 산림의 저류기능, 논지역의 저류와 유수기능을 전제로 한 유출량을 의미한다. 그러나 치수계획에서는 산림과 논지의 상황이 변하더라도 계획홍수량은 변하지 않고 있다.

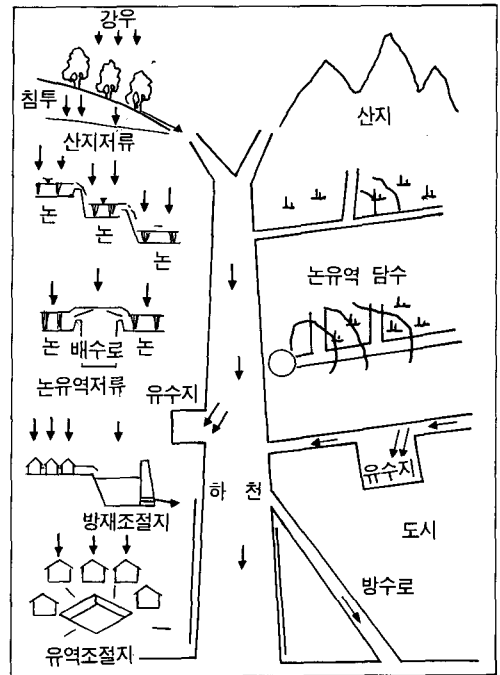
또한 홍수방지와 경감기능에 대한 문제는 다음과 같이 설명된다. 즉, 농지의 범용화와 휴경, 관리의 粗放化, 산림지 산림관리의 粗放化 등의 농업구조변화 및 농업진흥지역내 농지의 농지의 이용에 따라 원래 기대되고 있는 농지의 보수량과 유출량이 변화하며, 치수계획에 있어 홍수유출량이 증가한다고 가정하면 새로운 치수정책이 필요하게 되고, 이것은 농지보전 비용과 관리비, 추가적 치수 비용 등과 같은 경제적 문제를 유발한다.

3. 농경지와 도시유역의 유출성향 고찰

가. 농경지의 유출성향

배수개선사업이 시행된 논 유역을 지구내 및 지구외로 구분하여 보면, 지구와 유역은 대부분 산지와 논, 밭이 혼합된 형태이고, 여기서 발생한 홍수량은 지구내로 유입되어 지구내에서 발생한 홍수량과 합류한다. 그러므로 홍수량은 배수로 및 배수암거같은 수공구조물을 계획, 설계하고 유지관리 하는데 중요한 기준이 되고 있다.

전형적인 논유역의 유출과정은 <Fig. 2>와 같다. 논 유역의 유출특성은 배수물꼬의 유출특성과 배수계획에 따른 배수체계, 지역의 토지이용상태와 밀접한 관계를 가지게 된다.



<Fig. 2> Flow chart explaining the conception of runoff from paddy field area

나. 도시유역의 유출 성향

1960년대 후반부터 고도성장을 계기로 급격한 도시화로, 기존의 산림이나 초지, 논·밭등의 자연유역이 공업지, 주택지 등으로 급속히 변화한 결과, 이제까지 보수·유수기능을 담당한 이들 지표

면들은 건물이나, 아스팔트 등으로 피복됨으로서 유출성향의 급격한 변화가 발생하였다.

이의 구체적 현상으로서 집중호우시 도시지역으로 부터의 강우의 조기유출에 의한 하천유출시간의 단축과 홍수유출량 즉 첨두유출량이 증가하여 도시수해의 위험성이 커지게 되었다. 특히, 도시를 관통하여 흐르는 중소하천 유역의 도시화는 홍수유출이나 홍수피해의 형태를 크게 바꾸어 도시수해문제가 대두하게 되었다.

도시화에 의한 저류, 유출량의 변화는 일본의 多摩市를 대상으로 한 조사연구에서, 자연지역의 직접유출이 총 강수량의 10%인데 비하여 도시화 지역에서는 62%, 불포화대의 저류는 자연지역 72%에 대해 도시화 지역에서는 35%, 지하수저류는 자연지역의 18%에 비하여 도시화 지역에서는 2%에 불과하다. 도시화에 의해 피크유출량은 증가하고 피크지체와 기저길이는 짧게되며, 초기손실이 적게되는데, 이는 초목이 적고 자연지면의 요철이 적게 되기 때문이며, 도시내에서는 우수지나 도로·지붕으로부터의 직접 증발이 생긴다.

Ⅲ. 설계홍수량 산정법 비교

1. 합리식

가. 합리식의 기본 이론

합리식은 소유역의 강우-유출해석에 가장 널리 사용되는 방법으로서 가장 간단하고 보편적인 선형의 Black box모형이다. 합리식은 1889년 미국의 Kuichling에 의하여 제안된 이래 소유역의 배수구조물과 도시의 우수관거 설계유량 산정의 도구로 널리 사용되고 있다. 일반적으로 합리식은 첨두유량만을 제공하나, 제한된 형태의 유출수문곡선의 유도도 가능하다.

합리식이 근거한 가정은 다음과 같다.

- ① 도달시간에 해당하는 강우지속기간동안 강우강도는 일정하다.
- ② 동일한 강우지속기간동안 강우강도는 전유역에 걸쳐 균일하다.
- ③ 동일한 강우지속기간동안 유출계수는 일정하

다.

④ 동일한 강우지속기간동안 A와 C가 일정하므로 첨두유량은 강우강도의 선형함수이다.

⑤ 첨두유량의 빈도는 강우강도의 빈도와 같다.

⑥ 주어진 재현기간에 대하여 C는 일정하므로 유출빈도곡선은 강우빈도곡선에 평행하다.

그리고 이런 가정을 만족하기 위해서는 유역면적이 작아야 하며, 첨두유출량을 계산하는 합리식은 다음과 같다.

$$Q_p = 0.278 C_i A \quad (3-1)$$

여기서, Q_p = 첨두유량 (m^3/s)

C_r = 빈도보정계수

C = 유출계수

i = 도달시간 t_c 동안 지속되는 재현기간

T 년 강우강도 (mm/hr)

A = 유역면적 (km^2)

나. 합리식의 적용

합리식을 이용하여 첨두유량을 구하는 과정은 다음과 같다.

① 유역경계를 정하고 유역면적, 토지이용상태, 유역표고, 유로연장 등을 파악한다.

② 각 소유역에 대한 유출계수를 결정하고, 필요하면 가중 평균유출계수를 구한다.

③ 유달시간을 구한다. 2개 이상의 소유역이 만나는 하류지점에서의 도달시간은 그 중에서 제일 큰값을 택한다.

④ 재현기간 T 를 선정하고, T 년 강우강도 i 를 강우강도-지속시간-빈도(IDF)곡선으로부터 유달시간과 같은 강우지속시간에 대한 강우강도를 얻는다. 또한 높은 재현기간은 강우량의 증가를 의미하고 재현기간에 따라 빈도보정계수(cf)를 적용해야 한다.

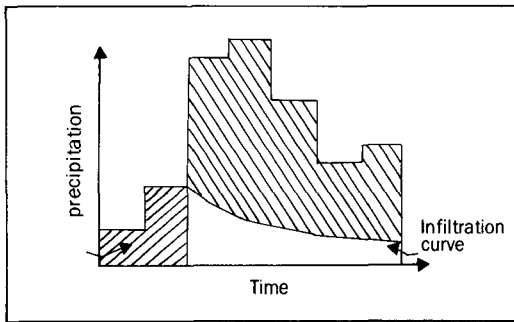
⑤ 첨두유량 Q_p 를 계산한다.

⑥ 하류로 감에 따라 면적이 증가하는 각 지점에서 합리식을 새로이 적용한다. 즉, 유역면적이 증가함에 따라 유출계수, 도달시간, 강우강도가 달라지기 때문이다.

2. SCS 삼각단위도법

이 방법은 미국 SCS에서 무계측 유역인 경우 유역의 토양특성과 토양피복상태 등의 수문학적 특성 자료를 이용하여 강우량으로부터 유효강우량을 산정해서 유역의 유출량을 계산할 수 있도록 개발한 것으로서, 강우로부터 직접 유출량의 총량을 추정하는 단계와 첨두유량을 포함한 유출의 시간적 분포, 즉 유출수문곡선을 추정하는 단계로 구분할 수 있다.

유출량(Q)은 강우량(P)과 지표면의 요철로 인한 일시저류량의 영향을 받는데, 일시저류량(F)은 강우량과 유출량의 차이로 표시된다.



〈Fig. 3〉 Relation between rainfall, runoff and surface retention

SCS는 〈Fig. 3〉과 같은 강우-유출관계를 가정하여,

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - Ia} \quad (3-2)$$

여기서 S : 최대 잠재 저류량

실제 일시저류는 초기 손실량(Ia)을 고려하면

$$F = (P - Ia) - Q \quad (3-3)$$

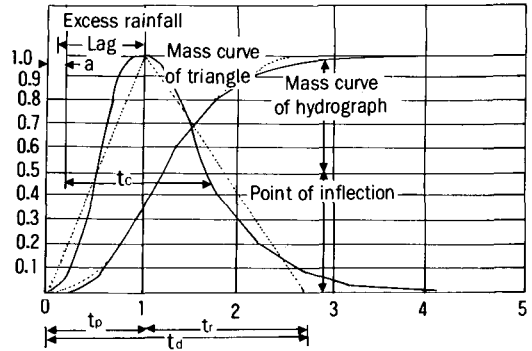
식(3-3)를 식(3-2)에 대입하면

$$\frac{(P - Ia) - Q}{S} = \frac{Q}{P - Ia} \quad (3-4)$$

식(3-4)을 Q에 대해 정리하면 식(3-5)가 된다.

$$Q = \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia) + S} \quad (3-5)$$

식(3-5)를 이해하기 쉽게 표현하면 〈Fig. 4〉와 같이 나타낼 수 있다.



〈Fig. 4〉 Mass curve representation of SCS rainfall-runoff relationship

SCS에서는 초기손실량과 최대잠재저류량은 식(3-6)과 같은 관계에 있음을 밝혔다.

$$Ia = 0.2S \quad (3-6)$$

식(3-6)을 식(3-5)에 대입하면

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (3-7)$$

이 되며, 식(3-7)을 SCS 강우-유출 관계식이라 한다.

최대 잠재저류량(S)은 유역의 토양이나 토지이용, 선행토양함수조건 등 유역의 유출능력을 나타내는 유출곡선지수(CN)로부터 결정되며 그 관계는 식(3-8)과 같다.

$$S = \frac{25,400}{CN} - 254 \quad (3-8)$$

〈Fig. 4〉에서 단위도의 면적은 직접 유출의 총량(Q)과 같으며 단위도의 면적 Q는

$$Q = \frac{1}{2} q_p (t_p + t_r) \quad (3-9)$$

여기서 t_p : 첨두유량 발생시간, t_r : 감수시간

q_p : 침투유량,
 Q : 단위유효우량(직접유출량)

식(3-9)를 q_p 에 대해서 정리하면

$$q_p = \frac{Q}{t_p} \left[\frac{2}{1 + \frac{t_r}{t_p}} \right] \quad (3-10)$$

식(3-10)의 괄호안을 상수로 나타내면,

$$q_p = \frac{0.208 AQ}{t_p} \quad (3-11)$$

식(3-11)에서 상수는 유역의 지형적인 특성에 따라 변할 수 있다.

○ 산악지역 $q_p = \frac{0.258 AQ}{t_p} \quad (3-12)$

○ 평탄지 또는 늪지대 $q_p = \frac{0.125 AQ}{t_p} \quad (3-13)$

식(3-10)에서 침투유량 q_p 는 단위 잉여강우의 지속시간의 함수로 표현할 수 있으며, 이 잉여강우의 지속시간은 유달시간과 관계가 있고 <Fig. 4>로 부터 식(3-14)과 식(3-15)을 유도할 수 있다.

$$t_p + D = 1.7t_p \quad (3-14)$$

$$\frac{D}{2} + 0.6t_c = t_p \quad (3-15)$$

식(3-12) 및 식(3-13)에 대한 기저장 t_b 는 식(3-16), 식(3-17)과 같다.

○ 산악지대의 유역 $t_b = 2.15t_p \quad (3-16)$

○ 평탄지 또는 늪지대 $t_b = 4.30t_p \quad (3-17)$

SCS 삼각단위도를 이용하여 유출량을 분석하는 과정을 세부적으로 살펴보면,

① 유달시간(t_c)으로부터 유효강우지속시간(D)를 결정한다.

$$D = 0.133t_c$$

② 침투발생시간(t_p), 침투유량(q_p), 기저장(t_b)를 계산하여 3각 단위도를 유도한다.

$$t_p = \frac{D}{2} + 0.6t_c$$

$$q_p = \frac{0.208 AQ}{t_p}$$

(A : km², Q : 1mm, q_p : m³/sec)

$$t_b = t_p + t_r = t_p + 1.67t_p = 2.67t_p$$

③ 강우지속시간(D)마다 단위도의 종거(q_1, q_2, \dots, q_n)를 계산한다.

④ D 시간 단위로 강우량을 잉여강우량(Q_1, Q_2, \dots, Q_m)으로 환산한다.

$$S = \frac{25,400}{CN} - 254$$

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

⑤ ③, ④과정에서 계산된 값을 단위도 종거와 동일한 간격을 갖는 (즉 지속시간 D) 잉여강우를 곱하고 다시 D 시간 만큼 지체시켜 다시 곱한후 이를 더하는 일련의 과정을 반복하여 유출수문곡선을 작성한다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

D 시간 단위의 유출곡선을 R_1, R_2, \dots, R_m 으로 표시할 때

$$R_1 = Q_1 \cdot q_1$$

$$R_2 = Q_1 \cdot q_2 + Q_2 \cdot q_1$$

$$R_3 = Q_1 \cdot q_3 + Q_2 \cdot q_2 + Q_3 \cdot q_1$$

$$R_4 = Q_1 \cdot q_4 + Q_2 \cdot q_3 + Q_3 \cdot q_2 + Q_4 \cdot q_1$$

.

.

$$R_n = Q_1 \cdot q_n + Q_2 \cdot q_{n-1} + \dots + Q_n \cdot q_1$$

.

.

$$R_m = Q_1 \cdot 0 + Q_2 \cdot 0 + \dots + Q_n \cdot q_n + \dots + Q_m \cdot q_1$$

3. SWMM(Storm Water Management Model)

도시유역에서의 강우-유출 관계를 나타내기 위하여 미국 환경보전국(EPA)의 후원아래 개발하여 지표면유출, 배수관망을 통한 홍수추적, 우수 유출의 저류 및 처리, 그리고 침투효과를 포함하는 모든 도시수문학적 측면과 수질에 관하여 모형화한 것이다. 이 모형은 몇가지 주요 계산블록으로 이루어져 있는데 유출블록(Runoff Block), 추적블록(Transport Block), 확장추적블록(Extran Block), 저류 및 처리블록(Storage and Treatment Block), 집수블록(Receiving Water Block), 실행블록(Executive Block)으로 구성되어 있다.

SWMM을 이용하여 모형화한 유역면적은 유역의 면적, 형상, 토지이용, 지형도에 의해 특성화된 몇개의 소유역으로 나뉘어 진다. 프로그램의 출력은 표, 수문곡선, 오염부하곡선 등으로 구성되어 있으며, 집수구역 뿐만아니라 시스템의 각 지점에 대하여 해석 결과를 출력시킬 수 있다.

SWMM의 입력자료로는 호우에 관한 자료와 유역면적, 소유역의 폭, Manning의 조도계수, 침투율 등이 있으며, 하수관거 자료로는 하수관의 길이, Manning의 조도계수, 경사, 파이프 단면적 등이 있다.

SWMM의 주요 이론과 그 계산절차를 요약하면 다음과 같다.

① 특정호우사상에 대한 강우를 소유역에 더한다.

$$D_1 = D_0 + R\Delta t$$

여기서, D_1 = 강우후의 강우깊이

D_0 = 시간 t 에서의 강우깊이

R = 시간증분 Δt 에서의 강우강도

② 침투율 I_t 는 Horton의 지수함수식 $I_t = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt}$ 에 의해 계산되며 Δt 시간동안의 침투수량을 D_1 에서 뺀으로써 침투를 고려한 각 소유역에서의 수심 D_2 를 얻는다.

$$D_2 = D_1 - I_t\Delta t$$

여기서, f_c = 최종 침투율 (mm/hr)

f_0 = 초기 침투율 (mm/hr)

k = 감소율을 나타내는 상수

D_2 = 침투량을 뺀 강우깊이

③ 소유역의 강우깊이 D_2 가 저류깊이 D_0 보다 큰 경우 유출량은 Manning공식을 이용하여 구한다.

$$V = \frac{1}{n}(D_2 - D_0)^{2/3} S^{1/2}$$

$$Q_w = VW(D_2 - D_0)$$

여기서, V = 유속

n = Manning의 조도계수

S = 유역경사

W = 유로 폭

Q_w = 유출량

④ 강우량, 침투율, 유출량으로부터 기인하는 유역의 강우깊이를 결정하기 위하여 연속방정식을 쓴다.

$$D_{t+\Delta t} = D_2 - WA\Delta t$$

여기서, A = 집수유역의 면적

⑤ 유역내의 모든 소유역에 대하여 상기의 ①~④의 절차를 반복한다.

⑥ 하수관거로 유입하는 유입량(Q_{in})은 소유역으로부터의 유출량(Q_{wi})과 상류부 하수관거의 유량(Q_{gi})의 합으로서 계산된다.

$$Q_{in} = \sum Q_{wi} + \sum Q_{gi}$$

⑦ 유입량은 하수관거의 형상에 따라 하수관거의 깊이로 더해진다.

$$Y_1 = Y_i + \frac{Q_{in}}{A_s}\Delta t$$

여기서, Y_1, Y_i = 하수관거 깊이

A_s = Y_1 과 Y_i 사이의 평균 수표면 면적

⑧ 하수관거의 유출량은 Manning 공식을 이용하여 구한다.

⑨ 하수관거에서의 깊이를 결정하기 위하여 연속방정식을 쓴다.

$$Y_{t+\Delta t} = Y_1 + (Q_{in} - Q_{gi})\frac{\Delta t}{A_s}$$

⑩ 모든 하수관거에 대하여 ⑥~⑨의 절차를 반복한다.

⑪ 각 지점에서의 유출수문곡선을 얻기 위하여 유량을 합산한다.

⑫ 유역전체의 유출수문곡선이 얻어질 때까지 ①~⑪까지의 절차를 반복한다.

SWMM의 출력은 보통 3가지 유형으로 표시되며, 그 내용은 하수처리 시설의 운영 및 관리비, 오염부하곡선(Suspended solids, Settleable solids, BOD, 질소, Grease 등), 유출수문곡선들로 구성되어 있다.

IV. 지역개발과 설계홍수량

1. 대상유역 현황

전형적인 농경지에서 지역개발이 되었을 때 일반적으로 널리 사용되고 있는 홍수량 산정방법으로 비교함으로써 지역개발에 따른 홍수량 변화와 그로 인하여 하류부의 차천에 미치는 홍수피해 포텐셜을 추정해 보았다.

충북 청주시 근교의 Y유역은 북고서저의 구릉지로서 경사도는 5% 정도이고, 현재는 임야와 농경지가 토지이용의 대부분을 차지하고 있다. 도시 부근에 위치하고 환경사지기 때문에 문화마을이나 소도시로 개발하기에 적합하다. 지구의 유출수는 북측 영운천으로 자연 유하하여 무심천을 경유 미호천으로 유입된다. <Table 1>은 대상유역의 수문학적 특성을 보여주고 있다.

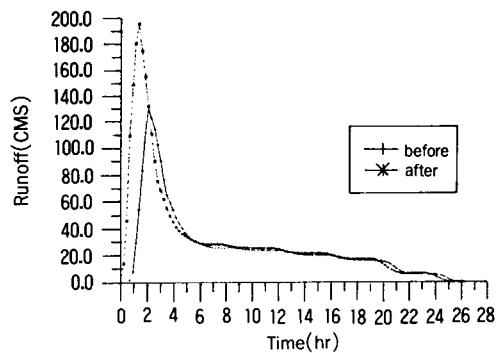
<Table 1> Watershed characteristics

Name	Location	Basin Area (km ²)	Design Rainfall	Return Period	Channel Length	Soil Type
Y Basin	Chungju Yuongun	9.30	281.90mm	100yr	4.8km	Silty loam

2. 설계홍수량 산정법 비교

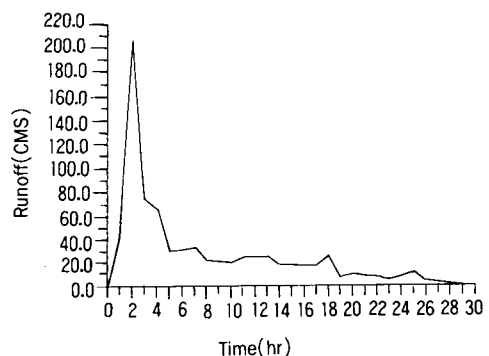
Y 유역의 관할 기상관측소는 청주관측소이며

Gumbel법으로 산정한 1926년~1994년(68개년)의 100년 빈도 1일 최대 확률강우량은 281.90mm이다. SCS의 삼각단위도로 산출한 홍수유출수문곡선은 <Fig. 5>와 같으며 점선은 대상지구가 도시개발로 인해 토지이용이 도시화가 된 경우를 예측한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 첨두유출량의 증가가 뚜렷하였으며 피크시간(Tp)의 감소도 확실하게 구분된다. 불투수 면적의 증가를 고려한 유달시간 산정공식을 적용하여 설계홍수량을 모의 발생시키면, 첨두유출량의 변화는 130.94mm에서 195.63mm로 약 49% 증가하였다.



<Fig. 5> Design flood hydrograph estimated by SCS method

또한 앞에서 언급한 SWMM을 이용하여 유역의 첨두홍수량과 홍수유출수문곡선을 모의한 결과는 <Fig. 6>에서 보는 바와 같이, 첨두 홍수량은 SCS방법보다 약간 큰 값인 207.3mm로 산정되었다.



<Fig. 6> Design flood hydrograph estimated by SWMM

일반적으로 미계측유역의 도시개발시에 침두유출량의 산정방법은 아래의 <Table 2>와 같이 합리식, 유역추적법, SCS의 삼각단위도법과 유출량추정 및 도시우수관거 설계시 많이 이용되는 SWMM등이 있다.

설계강우량에 따른 침두유출량을 산정한 결과를 비교해 보면 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Design flood discharge after regional development

Basin area	Basin Length	Estimation Method	Design Flood Discharge (m ³ /s)
9.3km ²	4.8km	Rational Method	298.36
		Area Routing Method	201.32
		SCS	195.63
		SWMM	207.30

3 결과 및 고찰

SCS의 삼각단위도로 산출한 홍수유출수문곡선은 침두유출량의 증가가 뚜렷하였으며, 유달시간의 감소도 확실하게 구분된다. 불투수면적의 증가를 고려한 유달시간 산정공식을 적용하여 설계홍수량을 모의한 결과, 침두유출량의 변화는 130.94mm에서 195.63mm로 약 49% 증가하였다. 또한 SWMM을 이용하여 유역의 침두홍수량과 홍수유출수문곡선을 모의한 결과 침두홍수량은 SCS 방법보다 약간 큰 값인 207.3mm로 산정되었다.

설계홍수량은 <Table 2>와 같이 합리식> SWMM>유역추적법>SCS방법 순으로 계산되었다. 수리구조물의 설계를 위한 적절한 홍수량 산정은 경제적인 면과 직결되는 문제이다. 하류지역이 대도시나 산업단지로 조성된 경우 홍수발생시의 피해가 클 것으로 예상되기 때문에, 지역개발시 계획홍수량의 변화를 예측하여 하류부에 미치는 영향을 고려해야 한다.

농경지의 홍수방지기능 향상 사업은 현재의 수

해발생 위험도를 저하시키는 관점으로 부터 초과홍수시에 그 저류기능을 확실하게 발휘시키고, 또한 하류부 도시유역의 홍수피해 감소를 위한 역할을 수행토록 해야한다.

근년에 들어와서 치수사업의 진전으로 대하천의 제방붕괴 등에 따른 수해는 적어진 반면, 중소하천에서의 재해가 자주 발생하고, 농촌지역에서도 농지의 침수에 머무르지 않고 고지대 비농가주택의 침수피해가 발생하고 있다. 이 때문에 산간 및 중산간 유역의 혼주화 지역의 방재사업은 동시에 하류도시지역의 수해방지에도 기여하기 때문에, 유역의 수해발생 위험도를 저하시키기 위해 농업지역의 보전에만 국한하지 않고 광범위한 홍수제어를 위한 보강이 중요하다. 그러므로 중산간 유역과 평야부에 있어서 농경지의 홍수방지 및 경감기능을 고려한 치수계획을 수립해야 할 것이다.

V. 결 론

농경지를 개발할때 일반적으로 널리 사용되고 있는 홍수량 산정방법을 비교함으로써 지역개발에 따른 홍수량 변화와 하류 하천에 미치는 홍수피해 포텐셜을 추정하였다.

지역개발 전후의 설계홍수량을 모의한 결과 침두유출량의 변화는 130.94mm에서 195.63mm로 약 49% 증가하였다. 또한 SWMM을 이용하여 유역의 침두홍수량과 홍수유출 수문곡선을 모의발생한 결과 침두홍수량은 SCS방법보다 약간 큰 값인 207.3mm로 산정 되었다. 설계홍수량은 합리식> SWMM>유역추적법>SCS방법의 순으로 나타났는데, 하류지역이 대도시나 산업단지로 조성된 경우 홍수발생시의 피해가 클 것으로 예상되기 때문에, 지역개발시 계획홍수량의 변화를 예측하여 하류부에 미치는 영향을 고려해야 한다.

그러므로 산간지역 부터의 유출제어를 도모하기 위해 중산간지역의 포장정비에 따른 수많은 중소규모의 휴경지를 이용하고, 농촌지역의 홍수방어기능을 향상하기 위한 포장정비에 따른 농촌 방재 녹지를 신설하며, 홍수의 집중화를 막기위해 소유

역 방재체제를 구축한다. 그리고 기존저류지의 유지관리 강화 및 증축공사로 방재 용량을 확충시키며, 농업용 방재댐의 신설과 증축을 추진하는 등의 대책이 필요하다.

또한, 논유역이 지닌 환경보전기능과 홍수방지 및 경감기능을 조사한 결과, 농경지가 도시등으로 개발될 경우 유출량이 뚜렷하게 증가하였다.

산간 및 중산간 유역의 혼주화 지역의 방재사업은 동시에 하류도시 지역의 수해방지에도 기여하기 때문에, 유역의 수해발생 위험도를 저하시키기 위해 농업지역의 보전에만 국한하지 않고 광범위한 홍수제어에 따른 보강을 행하는 것이 중요하다. 그러므로 중산간 유역과 평야부에 있어서 농경지의 홍수방지 및 경감기능을 고려한 치수계획을 수립해야 할 것이다.

참고문헌

1. 농어촌진흥공사, 1993. 배수개선홍수분석시스템 개발(I).
2. 선우중호, 1993. 수문학, 동명사.
3. 윤용남, 1993. 공업수문학, 청문각.
4. 이홍래, 1995. 도시지역 가파른 경사에서의 강우-유출모형 분석, 건설기술정보(7).
5. 토지개발공사, 1989. 토지개발기술.
6. 한국토지개발공사, 1989. 도시소규모 단지의 우수유출량 산정기법에 관한 연구, 토지개발기술.
7. 한국토지개발공사, 1994. 단지계획실제실무편람(II).
8. Baffaut C., et al, 1987. Development of an expert system for the analysis of urban drainage using SWMM(Technical report number 180), Water resources research center, Purdue University, West lafayette, IN 47907.
9. Eichert., B.S. and I. Peters, 1970. Computer Determination of flow through bridges, Proc. ASCE., Journal of hydraulics Div. Vol. 96, no. HY7.
10. French, R.H, 1985. Open channel hydraulics, McGraw-Hill.
11. Gupta, R.S., 1988. Hydraulic system,

Prentice hall.

12. Hydrologic Engineering Center, HEC-2, 1982. Water surface profiles, Users manual, U.S. Army corps of engineers.
13. Schaake, J.C. et. al., 1967. Experimental examination of the rational method, ASCE, Jour, Hyd. Div., No., HY6.
14. Singh, V. P., 1988. Hydrologic systems. Prentice hall.
15. 三夢總合研究所, 1990. 水田のもたらす外部經濟效果に關する調査・研究報告書.
16. 志村博康, 1992. 水田・畑の治水機能評價, 農土誌, 50(1), pp. 25-27.
17. 建設省河川局・土木研究所, 1991. 總合治水對策の施設計劃に關する研究, 44回建設省技術研究會報, pp. 701.

약 력

김 선 주



1980. 건국대학교 농과대학 농공학과 졸업
 1982. 건국대학교 대학원 농학석사
 1982. 이스라엘 Volcani Institute 연구원
 1988. 건국대학교 대학원 농학박사
 1989. 일본 농업공학연구소 Post Doc.
 현재 건국대학교 농공학과 부교수
 KCID 기계화관개분과위원장 / 편집 및 학술분과위원
 ICID 기계화관개분과위원

이 광 야



1993. 건국대학교 농과대학 농공학과 졸업
 1995. 건국대학교 대학원 농학석사
 1995. 건국대학교 대학원 박사과정
 현재 농어촌진흥공사 조사설계처

권 운 혁



1994. 건국대학교 농공학과 졸업
 1995. 건국대학교 대학원 석사과정
 현재 한국토지개발공사 토지연구원 연구원