

# 객체지향기법을 이용한 홍수유출해석

## Flood Runoff Analyses Using an Object-Oriented Runoff Model

김 상 민\* (서울대) · 박 승 우(서울대)

Kim, Sang Min · Park, Seung Woo

### Abstract

An object-oriented, watershed runoff model was formulated using the SCS curve number method and routing routines. The four objects included in the model were rainfall, hydrologic unit, reservoir, and channel. Each object considers the data and simulation method to depict the runoff processes, the details of which were presented and discussed in the paper. The resulting model was applied to the HS#3 watershed of the Balan Watershed Project, which is 412.5 ha in size and relatively steep in landscape. The simulated runoff hydrographs from the model were close to the observed data.

## I. 서론

절차지향기법을 이용하여 개발된 프로그램은 기존의 절차와 자료구조의 확장을 위해서는 절차와 구조를 모두 이해해야 하며 작업량도 많다. 또한 기능중심의 문제파악을 이용하고 있어 다른 사용자가 이해하기 어려울 뿐만 아니라 실세계는 기능보다는 물체의 구조로 이해하는 것이 자연스럽다.

객체지향기법은 객체라는 개념과 자료의 추상화를 이용하여 실제의 세계와 비슷하게 프로그램을 구현할 수 있도록 하며, 복잡한 시스템의 초기 개발을 용이하게 할 뿐만 아니라 이렇게 개발한 소프트웨어를 차후에 쉽게 재사용할 수 있도록 하여 전체 시스템 개발 비용을 크게 절감할 수 있다.

본 연구의 목적은 모형의 재사용성을 증가시키고 모형의 수정을 용이하게 하기 위해 객체지향기법을 이용한 홍수유출해석 모형을 개발하고 이를 적용하는 데 있다.

## II. 연구방법

### 2.1 객체지향기법

객체지향기법은 소프트웨어의 문제영역 또는 대상을 여러 개의 객체로 구분하여 각 객체를 자료(data)와 메소드(method)로 정의한 후, 객체별로 프로그램을 개발하여 연결함으로써 각 객체에 의해 문제의 해답을 얻을 수 있도록 소프트웨어를 개발하는 기법이다.

객체지향기법은 기존의 절차지향기법에서 발생하는 문제를 해결하기 위한 방법으로 절차지향기법은 다음과 같은 문제를 가지고 있다. 첫째, 기능중심에서 발생하는 문제로, 기능이 컴퓨터 상에서 실현단 위인 것처럼 분석/실제단계도 기능중심의 문제파악이 사용되지만 현실세계의 문제는 물체의 구조로서 적용하는 것이 자연스럽다. 둘째, 자료와 절차의 분리에서 오는 문제로 절차형 언어에서는 자료에 대한 접근의 제약이 없으므로 프로그래머가 자유로이 자료의 참조나 갱신을 수행할 수 있다. 그러나 이는 프로그래머가 자료에 접근할 때 그 구조를 모두 이해해야 하며, 자료 구조를 변경할 때 그에 따른 처

서는 절차나 자료구조의 확장은 대단히 번거로운 작업이다. 코드의 일부를 변경하는 것 같은 확장을 할 때, 코드 전체를 복사하고, 복사된 코드에 대해 수정, 추가를 덧붙이므로 유사한 코드를 가진 복수의 절차나 자료구조를 만들어야 하며, 기존의 코드에 에러가 발생하면 확장된 코드에 대해서도 일일이 수정을 해야하는 번거로움이 발생한다. 넷째, 명시적 이용순서에서 발생하는 문제로 절차지향 언어에서 자료와 절차가 분리되어 있고 같은 자료를 이용하는 중복된 절차들이 관련되어 있다는 것을 표시할 방법이 없으며, 같은 자료를 이용하는 일련의 절차를 제공하는 데도 그것들의 절차 이용순서에 관해 명시할 방법이 존재하지 않는다.

이런 문제의 해결을 위해 객체지향기법은 추상화(abstraction), 캡슐화(encapsulation), 상속(inheritance), 다형성(polymorphism), 모듈화(modularity), 계층화(hierarchy) 개념을 이용한다. 추상화는 현실세계의 물체를 객체에 사상(mapping)할 때, 현실을 그대로 객체로서 표현하는 것이 아니라, 문제의 중요한 측면과 주목하고 싶은 내용을 강조하는 것을 말한다. 이를 통해 실세계를 자연스럽게 표현할 수 있고, 안정된 모델을 구축하며 분석의 초점을 명확히 할 수 있다. 캡슐화는 객체지향 접근이 자료와 절차를 그룹화한 객체를 단위로 소프트웨어를 개발할 때, 객체가 보유하고 있는 자료와 절차에 대해 객체 외부로부터 접근할 수 있는 것은 절차를 통해 간접적으로 자료를 접근하지만, 객체 자료에는 직접 접근할 수 없는 것을 말한다. 이를 통해 예기치 않은 실수로부터 클래스를 보호할 수 있으며 객체의 재사용성과 안정성을 제공한다. 상속은 기존의 클래스로부터 새로운 클래스를 파생할 경우 새로운 자료나 메소드를 추가하는 것 이외에 기존 클래스의 메소드를 재사용하거나 변경할 수 있는 개념을 말한다. 이를 통해 클래스를 체계화하고 기존의 클래스를 쉽게 확장한다. 다형성은 객체의 메소드를 정의할 때 서로 다른 객체더라도 같은 이름의 메소드가 사용될 수 있는데 같은 이름을 가진 메소드를 이용하더라도 가공의 대상이 되는 자료의 형태가 다르다면 가공방법을 다르게 할 수 있는 것을 말한다. 모듈화는 시스템을 밀착 되거나 느슨한 모듈로 분해하는 것을 말하며 모듈화를 통해 모듈의 설계와 수정을 독립적으로 수행할 수 있으며, 이를 통해 소프트웨어 개발비용을 절감할 수 있다. 계층화는 추상화의 순위나 순서를 말한다.

## 2.2 홍수유출의 기본이론

### 2.2.1 유역홍수추적

유역의 홍수추적을 위하여 SCS에서 제시한 유출곡선번호법과 무차원단위도법을 이용하여 유역 홍수추적모형 구성하였다. 유역의 유출량은 총강우량과 보유수량에 의해 결정되며 SCS에서는 총강우량과 유효우량간의 관계를 다음의 식으로 정의하였다.

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (1)$$

여기서, P : 호우별 총우량 (mm), S : 유역의 최대잠재보유수량 (mm)

Q : 직접유출량에 해당하는 유효우량 (mm)

위 식에서 유역의 최대잠재보유수량 S는 유역의 토양이나 토지이용 및 처리상태 등의 수문학적 토양-과복형에 따른 유역의 유출특성을 나타내는 유출곡선 번호를 이용하여 계산되며 다음의 식으로 표현된다.

$$CN = \frac{25400}{S+254} \quad (2)$$

유효우량 Q는 SCS 무차원단위도를 이용한 단위도 합성을 통해 유출수문곡선을 생성하게 된다. 이의 원리는 유출수문곡선이 삼각형의 형태를 갖게 된다는 가정하에 단위도의 합성을 다음의 식으로 나타낸다.

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

여기서, Q : 직접유출량의 총용적 (mm),  $q_p$  : 첨두유출량 (mm/hr)  
 $t_p$  : 첨두유출량 도달시간 (hr),  $t_r$  : 감수시간 (hr)

식 (3)으로부터  $q_p$ 는 다음의 식 (4)로 계산된다.

$$q_p = \frac{2Q}{t_p + t_r} \quad (4)$$

$t_p$ 는 <그림 1>로부터 다음의 식 (5)으로 나타낼 수 있으며,

$$t_p = \frac{1}{2} D + t_L \quad (5)$$

여기서, D : 유효강우의 지속시간 (hr),  $t_L$  : 지체시간 (hr)

그리고, SCS의 실험결과로부터, 유역의 지체시간  $t_L$ 과 홍수도달시간  $t_c$ 의 관계는

$$t_L = 0.6t_c \quad (6)$$

감수시간  $t_r$ 은 유역특성에 따라 구분된다.

식 (4), (5)로부터  $q_p$ 와  $t_p$ 를 구할 수 있고, SCS 무차원단위도를 이용하여 단위도의 합성이 가능하며, 각 소유역 출구점에서의 유출수문곡선을 계산한다.

### 2.2.2 저수지 홍수추적

저수지 홍수추적을 위하여 저류지시법 (Storage Indication method)을 이용하였다. 저류지시법은 저류 방정식, 저수지 표고별 저류량 및 방류량 관계 자료를 이용하여 저수지 홍수추적 모형을 구성하고, 저수지 홍수추적은 다음과 같은 저류방정식에 기초한다.

$$I - O = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (7)$$

여기서, I : 유입량 ( $m^3/sec$ ), O : 유출량 ( $m^3/sec$ )  
 $\Delta t$  : 추적시간 간격 (hr),  $\Delta S$  :  $\Delta t$  시간 동안의 저류량의 변화 ( $m^3$ )

식 (7)은 다음의 식으로 나타낼 수 있으며,

$$\frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t - \frac{O_1 + O_2}{2} \Delta t = S_2 - S_1 \quad (8)$$

이를 다시 정리하면 다음의 식으로 나타낼 수 있다.

$$\frac{1}{2}(I_1 + I_2)\Delta t + (S_1 - \frac{1}{2}O_1\Delta t) = (S_2 + \frac{1}{2}O_2\Delta t) \quad (9)$$

실시간 홍수추적을 위하여, 위의 식 (9) 및 저수지 표고별 저류량 및 방류량 관계 자료를 이용하여, 저류지시법을 적용하였다.

### 2.2.3 하도구간 홍수추적

하도구간의 홍수추적을 위하여 비교적 간단한 하도추적 기법인 볼록추적법 (Convex method)을 이용하였으며, 볼록추적법은 다음과 같은 식을 이용하여 구성된다.

$$Q_{s,t+\Delta t} = (1 - C_s)Q_{s,t} + C_s I_{s,t} \quad (10)$$

여기서,  $Q_{s,t+\Delta t}$  :  $t+\Delta t$  시간에서 하류지점의 유출량 ( $m^3/s$ )

$Q_{s,t}$  :  $t$  시간에서 하류지점의 유출량 ( $m^3/s$ )

$I_{s,t}$  :  $t$  시간에서 상류지점 유입량 ( $m^3/s$ )

$C_s$  : 하도 홍수추적 계수 ( $0 \leq C_s \leq 1$ )

## 2.3 홍수유출해석을 위한 객체의 구성

확장성이 뛰어난 객체지향 프로그램의 개발을 위해서는 개발과정에서 가장 기본적인 data와 method 만을 갖는 객체의 설계가 이루어져야 한다. 홍수유출해석을 위한 객체를 분류하면 다음의 <표 1>와 같다.

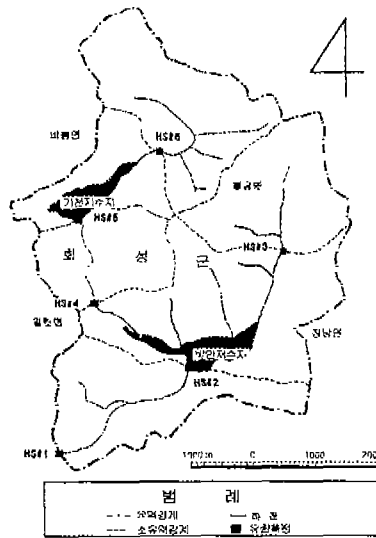
<표 1> 홍수유출해석을 위한 객체의 구성

객 체	구 분	내 용
강우객체	Data	일별 강우량, 폭우사상에 대한 시간별 강우량
	Method	과거 강우량 기록치 선택, 폭우사상에 대한 강우자료 입력 폭우사상 강우량, 지속시간 계산
유역객체	Data	유역명, 유역면적, 유역주하천의 유로연장, 유역의 표고차, 유역평균경사, 유역 평균 CN
	Method	유역 특성자료 입력, 해당 폭우사상에 대한 AMC 조건 계산 SCS 방법을 이용한 유출량 계산
저수지객체	Data	저수지명, 저수지 제고, 제당길이, 형태, 만수면적, 관개면적, 수위-내용적 곡선, 일별 관개량
	Method	저수지 특성자료 입력, 저류지시법을 이용한 저수지 홍수추적
하천객체	Data	하천구간명, 하천길이, 하도유입량, 하도유출량, 양수량, 하천단면
	Method	하천 특성자료 입력, 볼록추적법을 이용한 하도구간 홍수추적

### III. 모형의 적용

#### 3.1 대상유역

홍수유출해석을 위한 대상유역으로 경기도 화성군에 위치한 유역면적 26.5km<sup>2</sup>의 발안저수지 유역(이하 발안지 유역)을 선정하였다. 발안지 유역은 <그림 1>에서 보는 바와 같이 기천저수지와 발안저수지를 포함하고 있으며, 유역특성에 따라 6개의 소유역으로 구분하였으며 각각의 유역출구에 수위계를 설치하여 수문관측을 실시하고 있다.



<그림 1> 발안저수지 유역의 유역경계, 소유역 구분

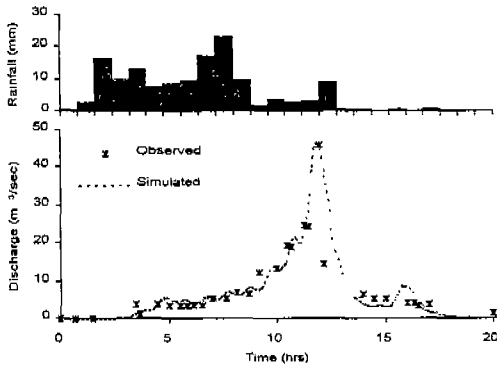
각 소유역을 대상으로 유역면적, 유로장, 기복량비, 하천빈도 등의 지형특성을 조사하였으며, <표 2>에서 보는 바와 같다. 유역의 상류에 해당하는 HS#3, HS#6 소유역의 하천평균경사가 0.0178, 0.0218m/m로 가장 큰 값을 보이며, 형상계수의 경우 HS#3 소유역이 1.5526으로 가장 큰 값을 보였다.

<표 2> 소유역별 지형특성

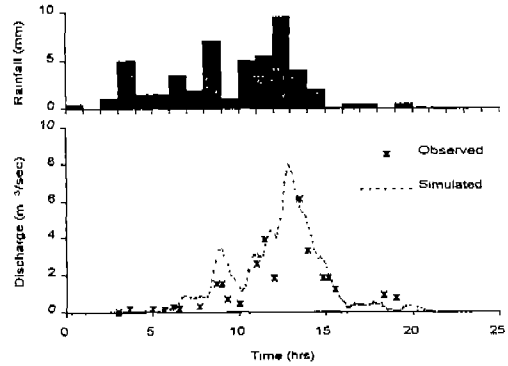
유역명	면적 (ha)	형상 계수	유로장 (km)	최대기 복량(m)	기복량비	하천평균 경사(m/m)	하천빈도 (개/km <sup>2</sup> )
HS#1	2648.80	0.1277	14.40	316	0.0219	0.0076	0.8683
HS#2	2462.50	0.1650	11.45	236	0.0206	0.0092	1.5722
HS#3	412.50	1.5526	1.63	246	0.1509	0.0178	0.9697
HS#4	1068.75	0.2213	6.95	246	0.0354	0.0127	2.3392
HS#5	756.25	0.2618	5.38	266	0.0495	0.0127	1.4545
HS#6	506.25	0.5184	3.13	266	0.0851	0.0218	1.9753

### 3.2 모형의 적용

객체지향기법을 이용하여 구성된 홍수유출해석 모형의 적용을 위해 발안지 구역의 HS#3 소유역을 대상으로 1997년 6월 30일, 7월 4일 강우에 대한 홍수유출해석을 실시하였다. <그림 2>와 <그림 3>은 모의발생 결과를 실측치와 비교하여 보여주고 있다.



<그림 2> 모의치와 실측치의 비교(1997/6/30)



<그림 3> 모의치와 실측치의 비교(1997/7/4)

6월 30일 강우량은 139mm, 7월 4일 강우량은 50.5mm이며, 첨두유량은 6월 30일 강우의 경우 실측치와 모의치 모두  $46\text{m}^3/\text{s}$  이며, 7월 4일 강우의 경우 실측치는 6.1, 모의치는  $7.6\text{m}^3/\text{s}$  였다.

## IV. 요약 및 결론

본 연구의 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 기존의 철차지향기법의 문제를 분석하고 이를 극복하기 위한 객체지향기법의 특징인 추상화, 캡슐화, 상속, 다형성, 모듈화, 계층화에 대해 고찰하였다.
2. 홍수유출해석을 위한 유역추적, 저수지추적, 하도추적 방법에 대해 고찰하였다.
3. 객체지향기법을 이용한 홍수유출해석을 위한 객체를 구성하고 각 객체의 Data와 Method를 정리하였다.
4. 객체지향기법을 이요한 홍수유출해석 모형의 적용을 위해 발안지 유역을 선정하였고, 1997년 6월 30일과 7월 4일 강우를 대상으로 HS#3 소유역에 대해 모의치와 실측치를 비교하였다. 첨두유량은 6월 30일 강우의 경우 실측치와 모의치 모두  $46\text{m}^3/\text{s}$  이며, 7월 4일 강우의 경우 실측치는 6.1, 모의치는  $7.6\text{m}^3/\text{s}$  이었다.

## 참고문헌

- 김철겸, 1999, 논에서의 유출 특성을 고려한 농업소유역의 홍수유출 추정, 서울대학교 석사학위논문  
 윤정모, 한규정, 1993, 객체지향 시스템 개발, 동일출판사  
 이호재, 1998, 동적 부하 조정 기법을 적용한 객체 지향 유한 요소 분산 처리 시스템의 개발, 서울대학교 석사학위논문  
 Booch, G. 1994, Object-oriented analysis and design, Addison Wesley