

# 토사유출 방지용 침사지 적정규모 설정방안에 관한 연구

- 목포시 부주산을 사례로 -

우창호\* · 황국웅\*\*

\* 목포대학교 조경학과

\*\* 대구효성가톨릭대학교 조경학과

## A Study on Establishing Optimum Scale of Sediment Basin for Preventing the Outflow of Sediment

- In the Case of Buju Mountain in Mokpo city, Korea -

Woo, Chang-Ho\* · Hwang, Kook-Woong\*\*

\* Dept. of Landscape Architecture, Mokpo National University

\*\* Dept. of Landscape Architecture, Catholic University of Taegu-Hyosung

### ABSTRACT

This study examines the existing theories related to detention basin and embodies the calculation process of sediment basin. It investigated the scale of sediment basin by actual measurement at Buju Mountain, Mokpo city which causes the environmental problems like erosion and outflow of sediment due to the excessive development, finds the problems of existing sediment basin by applying and analyzing the physical factors which affect the execution of sediment basin using GIS as the method establishing the scale of sediment basin embodied in this study and then suggests the optimum scale.

Comparing the surface area of the existing sediment basin and of the required one, all of the surface areas of the existing sediment basins were smaller than those of the required one. Therefore, it can be expected that the trap efficient of sediment will be declined. The required minimum depth was fully satisfied, but it is analyzed that the volume of sediment basin will affect the neighboring environment because it can not accomodate the inflow discharge volume except sediment basin C. It is consistent with the actual situation which causes a serious environmental problem due to the overflow of sediment basin during the heavy storm event except sediment basin C and also it verifies the validity of calculation process of establishing optimum sediment basin suggested in this study.

*Key Words ; Sediment basin, physical factors, GIS, optimum scale, trap efficient*

## I. 서론

최근 우리나라는 급속한 경제성장의 결과 생활수준의 향상으로 레크레이션의 수요가 증대되어 대단위 위락시설과 골프장들이 많이 건설되었다. 그러나 대부분의 대규모 단지개발현장을 보면 정지작업과 여러 다른 형태의 토목공사에 의하여 지표면이 침식에 노출된다. 그 결과로 침식에 의한 지력약화와 토사유출에 따른 퇴적에 의해 하천의 수위상승으로 홍수를 초래하고 하류의 수자원, 수생 동식물, 도시 배수시설에 막대한 피해를 준다. 그러므로 단지개발 현장에서의 침식과 토사유출의 방제는 단지계획가가 해결해야 할 큰 문제중의 하나이다.

단지개발 공사현장에서 가장 효과적인 토사유출방지 방법은 그 원천지에서의 침식방지이지만, 침식을 완전히 막는다는 것은 불가능하다. 침식조절 방법이 현실적이지 못하거나 불충분한 경우 혹은 예측하지 못한 상황에 의하여 침식방지에 실패한 경우, 토사유출 방지용 침사지를 설치함으로써 토사유출을 최소화할 수 있다.

집중 호우시 침사지가 유입되는 강우량을 수용하지 못할때 강우가 범람하고 토사가 유출되어 인근 논밭의 황폐 등 여러 환경적인 피해를 가져 올 수 있다. 그러므로, 토사유출 방지용 침사지는 호우시 유역의 지표수 유입량과 토사 유입량을 수용할 수 있는 적절한 집수면적 대(對) 일정크기의 침사지 설계표준에 의하여 설계되어야만 그 본래의 목적을 달성할 수 있다.

이와 관련하여, 미국 등지에서는 도시안에서 개발에 따른 수문변화의 영향을 최소화하기 위하여 단지개발 초기단계부터 계획되고 만들어지는 다목적 저류지와 침사지에 대한 연구가 되어 있다.

저류지와 관련하여 Curtis *et al.* (1977)은 홍수조절 저류지의 효율에 대하여 연구하였으며 Ferrara (1982)는 비점 오염원 방지를 위한 저류지에 관하여 연구하였다. Whipple(1979), Kamelduski(1979), Driscoll(1983), Harrington(1986)은 도시안에서 홍수조절과 수질향상을 위한 다목적 저류지에 관하여 연구를 하였으며, Woo(1989)는 도시지역에서 수질향상을 위한 저류지의 설계표준을 제시하고 실제 대상지에서 그 효과를 비교하였다. 한편, 침사지와 관

련하여 Chen(1975)은 침사지 실행에 영향을 주는 요소에 대하여, Davis(1977)는 공사현장에서 침사지의 토사 포착효율에 대하여, Ward *et al.* (1979)은 침사지 실행예측에 대하여 연구하였다.

이와 같이 미국 등 선진국에서는 개발에 따른 피해를 줄이기 위한 다목적 저류지나 침사지에 관한 연구가 이루어져 있지만, 현재 한국에서는 이와 관련한 연구가 드물고, 일반적으로 공사현장에서 침사지를 설치할 때, 그 실행에 영향을 주는 물리적인 조건 등에 대한 고려 없이 경험적으로 대략적인 추측만으로 만들어져 그 본래의 목적을 수행하지 못하는 경우가 많다.

따라서, 본 연구의 목적은 다음과 같다.

1. 적절한 침사지 규모를 설정하기 위한 이론을 기존 연구에서 검토하여 그 계산과정을 구체화 시키고자 한다.
2. 현재 무리한 개발로 침식과 토사유출등 환경문제를 일으키는 목포시 부주산의 침사지를 대상으로 그 적정규모를 제시하여 이를 실측치와 비교 검토하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 진행과정

본 연구의 진행과정은 다음과 같다.

- 1) 침사지 적정규모 설정을 위한 이론검토
- 2) 침사지 규모설정 계산과정 구체화
- 3) 연구대상지 현황조사, 침사지와 유역의 크기조사, GIS 자료구축
- 4) 침사지 표준 제시
- 5) 기존 침사지와 비교
- 6) 결론

### 2. 연구 대상지

목포시 부주산은 목포 하당 신도시 해안 매립의 토취장으로 사용한 후, 이곳을 공원화하여 목포 시민들의 보건 휴양 및 정서 생활의 향상에 기여할 수 있는 여가 공간을 제공한다는 목적을 가지고 있었다. 그러나, 계획성 없는 무리한 절토작업과 기존식생 파괴로

많은 급경사지역 출현과 강우시 심각한 토사유출 문제를 일으키고 있다.

본 연구 대상지의 전체면적은 831,000m<sup>2</sup>이고, 개발 전 토지이용은 임야(87%)가 주를 이루었으며, 그외 밭(12%), 논(1%)의 순으로 되어 있다. 현재 부지현황을 보면, 변형이 생긴 전체 면적의 55% 이상이 급경사지와 밭파압으로 노출되어 있다. 공동묘지 근처 일부 지역을 제외하고는 부지내 기존 식생의 90% 이상이 파괴 되었으며, 연 평균 강우량의 50%가 집중되는 6월에서 8월사이의 우기시에는 집중 호우의 영향으로 급경사지가 기반침하되어 땅밀림과 심한 침식이 일어나고 있다. 부지밖으로의 토사유출을 막기 위하여 6곳에 토사유출방지용 침사지가 만들어져 있으나, 호우시의 범람으로 인하여 인근 전답과 마을에 직접적인 피해를 주고 있다. 이들 침사지의 규모를 실측한 결과는 Table 1과 같은데 부정형인 형태에서 길이, 폭, 깊이는 각각의 평균값을 취한 것이다.

Table 1. Existing sediment basin scale

Sediment basin	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
A	155	18	2.6	2,790	7,245
B	185	23	2.0	4,255	8,510
C	185	30	3.0	5,550	19,425
D	25	12	2.5	300	750
E	170	26	2.5	4,420	11,050
F	45	30	2.0	1,350	2,700

### 3. 침사지 적정규모 계산과정

Chen(1975)은 침사지 규모결정에 영향을 주는 물리적인 요소는 강우시 침사지로 유입되는 강우 유입량, 침사지 표면적, 토사입자의 크기, 침사지 깊이, 침사지 부피 등이라고 하였다. 따라서 침사지의 적정규모를 결정하기 위한 계산과정은 다음과 같이 요약할 수 있고, 도표로 나타내면 그림 1과 같다.

- 1단계: 침사지로 유입되는 강우의 침투유입량을 계산한다.
- 2단계: 요구되는 침사지의 표준표면적을 구한다.
- 3단계: 침사지에 침전되는 토사 퇴적량을 구한다.
- 4단계: 침사지에 침전되는 토사 퇴적깊이를 구한다.
- 5단계: 요구되는 침사지 적정부피를 구한다.

6단계: 요구되는 침사지 적정깊이를 구한다.

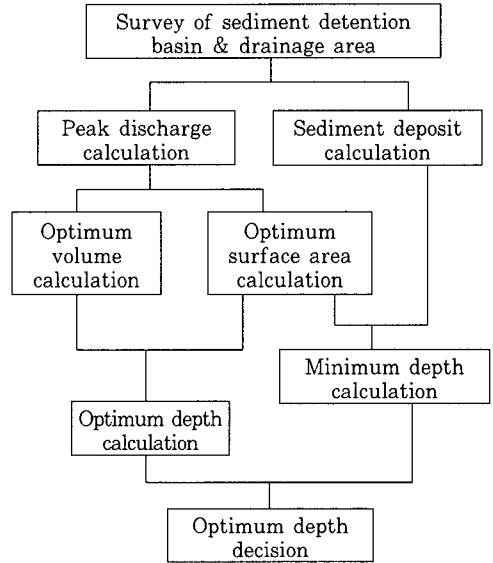


Fig. 1. Calculation procedure of sediment detention basin

### 4. GIS 자료구축

#### 1) 지형도 구축

현재 지형에 대한 자료는 항공사진측량을 통하여 작성한 1/1200 축척의 지형도를 사용하여 AutoCAD를 사용하여 디지털화하였다. Fig. 2는 토사채취후의 현재지형을 10m 간격의 등고선으로 나타낸 것이며, 실선의 내부가 토사채취로 변형된 부분이다.

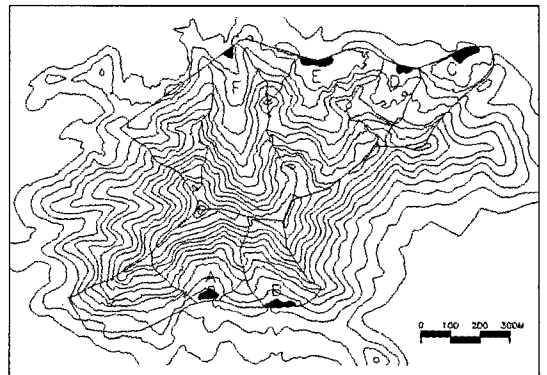


Fig. 2. Topographic map and sediment basin location

현재 6개의 침사지가 설치되어 있으며, 검은 점은 침사지의 위치를 나타내고 있고 각 침사지의 유역을 실선으로 구분하였으며, 침사지를 구분하기 위하여 기호를 부여하였다.

2) 침두유출량 계산

침두유출량 계산은 합리식을 바탕으로 GIS 프로그램인 IDRISI를 이용하여 환경지형학적인 데이터 베이스를 구축한 후 Excel을 이용하여 계산하였다.

3) 토양유실량 계산

USLE공식에 의한 연평균 토양유실량(A)을 계산하기 위하여는 R, K, LS, C, P등 다섯가지 인자에 대한 값을 공간적인 위치를 기준으로 계산하여야 하므로 GIS 프로그램인 IDRISI를 사용하여 USLE의 각각의 요소에 대한 레이어를 생성하고, 이를 모두 차례로 OVERLAY(곱하기)하여 각 셀마다의 연평균 토양유실량을 구한 다음, 각 셀의 값을 모두 합계하여 대상지 전체의 토양유실량을 구하였다.

이를 위하여 연구대상지 전체를 10m 해상도의 그리드 셀로 표현하였으며, R, K, C, P에 대한 값은 우창호와 황국웅(1996)의 논문에서 사용한 값을 사용하였으며, 지형요소(LS)에 대한 계산은 우창호와 황국웅(1998)의 논문에서 발표한 Desmet and Govers(1996)가 제안한 2차원적인 경사장 계산방법과 Foster and Wischmeier(1974)가 제시한 경사도 계산방법을 합하여 만든 지형인자(LS) 자동계산 프로그램을 사용하였다.

위 식에서 Qp : 침두 유출량(m<sup>3</sup>/sec)

C : 유출계수

I : 강우강도(mm/hr)

A : 유역면적(km<sup>2</sup>)

0.2778 : 단위 환산계수

(1) 지표면 유출계수

지표면 유출계수는 지면경사도, 피복상태, 유역 모양, 토성, 토양함수조건, 선행강우조건, 강우강도에 의하여 영향을 받는다. Table 2는 Schwab et al. (1971)이 제시한 토지이용에 따른 지표면 유출계수이다. 본 연구에서는 연구 대상지가 토양 구성이 사양토인 나지의 경사지이기 때문에 Table 2에 의하여 지표면 유출계수(C)의 값으로 0.52를 적용하였다.

Table 2. Runoff coefficient(C)

Rural and suburban areas	Soil texture		
	Sandy loam	Clay and silty loam	Clay
Woodland			
flat(0-5% slope)	0.10	0.30	0.40
rolling(5-10% slope)	0.25	0.35	0.50
hilly(10-30% slope)	0.30	0.50	0.60
Pasture and lawns			
flat	0.10	0.30	0.40
rolling	0.16	0.36	0.55
hilly	0.22	0.42	0.60
Cultivated or no plant cover			
flat	0.30	0.50	0.60
rolling	0.40	0.60	0.70
hilly	0.52	0.72	0.82

(Source: Schwab, 1971)

III. 연구결과 및 고찰

1. 침사지 적정규모 설정 계산과정 및 적용

1) 강우 유입량 (1단계)

침사지로 흘러 들어오는 강우 유입량은 각 침사지의 유역에 대한 강우의 침두유출량과 같으며, 침두유출량은 합리식에 의하여 구할 수 있다. 합리식 구성은 (공식 1)과 같다(Schwab et al. 1971).

$$Q_p = 0.2778 C \cdot I \cdot A \quad (\text{공식 1})$$

(2) 강우강도

본 연구에서 사용한 강우강도 공식은 대한토목학회에서 발표된 도시하천 및 하수도 개수계획상의 계획강우량 설정에 관한 추계학적 해석(이원환, 1980)에서의 우리나라 주요시점의 재현 기간별 강우강도 공식을 사용하였다.

본 연구의 대상지가 있는 목포지방의 재현기간별 강우강도는 Table 3과 같으며, Goldman(1986)은 침사지 적정규모 설정을 위하여는 10년 빈도 6시간 동안 강우량을 평균 유입량 기준으로 사용하는 것이

Table 3. Rainfall intensity(I)

Frecuncy	Rainfall intensity
5 year	331/tc <sup>0.51</sup>
10 year	375/tc <sup>0.51</sup>
20 year	413/tc <sup>0.51</sup>
50 year	458/tc <sup>0.51</sup>
100 year	489/tc <sup>0.50</sup>

(Source: Lee Won-Hwan, 1980 )

좋다고 제안하였다.

위 공식에서 tc(time of concentration)의 값은 유역내의 유로장, 지표면의 특성, 경사도에 따라 결정되는데, 본 논문에서는 주로 산지지형에서 많이 사용되는 Kerby 공식(윤태훈, 1993)을 사용하였다.

$$tc = 3.03 (rL^{1.5}/H)^{0.467} \quad (\text{공식 2})$$

위 식에서 tc = 유달시간(hr)

r = Kerby 공식의 조도계수

L = 유로장(km)

H = 표고차(m)

본 연구에서 사용한 Kerby 공식의 r값은 Table 4와 같으며, 연구 대상지의 현 상태가 나지이기 때문에 r값은 0.10을 적용하였다.

Table 4. Roughness coefficient(r) for Kerby's formula

Surface	r
Smooth impervious surface	0.02
Smooth bare packed soil	0.10
Poor grass, cultivated row crops, or moderately rough bare surface	0.20
Pasture or average grass	0.40
Deciduous timberland	0.60
Conifer timberland, deciduous timberland with deep forest litter, or dense grass	0.80

(Source: Ye Woo-Sung, 1994 requoted)

Table 5. Peak discharge

Sediment Basin	H (m)	L (km)	r	Tc (hr)	I (mm/hr)	C	A (km <sup>2</sup> )	Peak discharge (m <sup>3</sup> /sec)
A	113	0.267	0.10	0.0451	225.7729	0.52	0.0728	2.3743
B	96	0.279	0.10	0.0502	213.7896	0.52	0.0524	1.6183
C	76	0.331	0.10	0.0631	190.2417	0.52	0.0664	1.8248
D	71	0.286	0.10	0.0588	197.2144	0.52	0.0436	1.2421
E	116	0.464	0.10	0.0656	186.4827	0.52	0.1360	3.6636
F	117	0.569	0.10	0.0753	173.7303	0.52	0.1364	3.4231

유로장과 표고차, 유역면적 등은 침사지마다 유역의 지형에 따라 다른 값을 취하였으며, 침사지별 유역의 특성과 침두유출량은 Table 5와 같다.

2) 침사지의 최소 표면적 결정 (2단계)

토사입자의 밀도가 균일하다고 가정할 때 (즉, 작은 입자는 작은 무게를 가진다), 침사지 설계의 이상적인 모형은 Fig. 3과 같으며, 표면적 설정과정은 다음과 같다(Goldman, 1986).

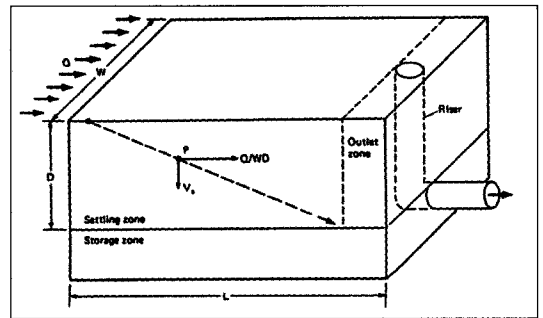


Fig. 3. Idealized sediment basin (Source: Goldman, 1986)

Fig. 3에서 침사지내에서 유수의 흐름을 일정 방향으로 흐른다고 가정할 때, 깊이 D, 폭 W, 길이 L의 침사지에 유입량 Q가 유입된다면, 토사입자는  $Q / WD$ 의 속도로 수평적으로 흐른다. 이 때, 토사입자는 수직 속도  $V_s$  로 침전한다.

침사지내에서 토사입자가 길이방향으로 흐르는 시간( $T_Q$ )은

$$T_Q = \frac{L}{Q / WD} \quad \text{로 된다.}$$

침사지내에서 토사입자의 침전시간( $T_v$ )은

$$T_v = \frac{D}{V_s} \text{ 로 된다.}$$

적절히 잘 설계된 침사지에서 아주 미세한 토사입자는 침사지 출구 인접 바닥에 침전한다. 그러므로  $T_Q = T_v$  가 된다.

따라서, 침사지 내에서의 토사입자의 흐름과 낙하 시간은 다음과 같이 생각할 수 있다.

$$T_Q = T_v = \frac{D}{V_s} = \frac{L}{Q / WD} \quad (\text{공식 3})$$

(공식 3)을 변형시키면,

$$V_s L = \frac{DQ}{WD} \text{ 혹은 } V_s = \frac{Q}{WL} \text{ 로 된다.}$$

이것을 다시 정리하면,

$$WL = A_s = \frac{Q}{V_s} \quad (\text{공식 4})$$

가 된다. 여기서, WL은 침사지의 표면적이다. 따라서, 유입수에 부유된 토사입자를 포착하는데 필요한 침사지 표면적은 유입량 Q와 토사입자의 침전속도  $V_s$  로 계산되어 진다.

이때, 유입량 Q는 합리식에 의하여 계산하며, 토사입자의 침전속도  $V_s$ 는 토사입자의 크기에 따라 그 값이 결정되어진다.

(1) 토사입자의 크기 결정

침사지내에서 토사입자의 침전속도는 Pemberton (1971)이 제시한 입자 침전속도 곡선(Fig. 4)에 의하여 계산할 수 있다. 이때, 입자의 침전속도는 입자의

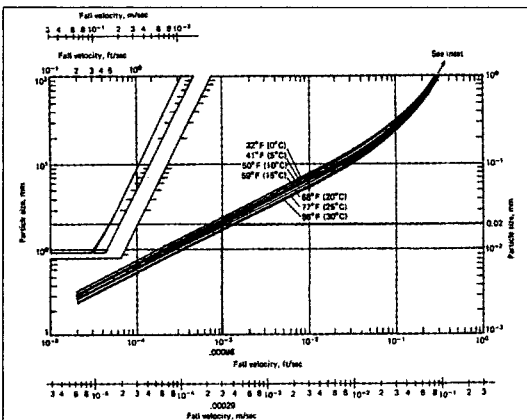


Fig 4. Particle setting velocity curves (Source: Pemberton, 1971)

Table 6. Surface area requirements of sediment traps and basins

Particle size (mm)	Settling velocity (m/sec)	Surface area requirements (m <sup>2</sup> )
0.5 (coarse sand)	0.058	20.7
0.2 (medium sand)	0.020	58.7
0.1 (fine sand)	0.0070	171.0
0.05 (coarse silt)	0.0019	635.0
0.02 (medium silt)	0.00029	4,101.0
0.01 (fine silt)	0.000073	16,404.0
0.005 (clay)	0.000018	65,617.0

(Source: Pemberton, 1971)

크기와 수온에 따라 달라진다. 또, Table 6은 Pemberton의 계산도표에 의하여 구한 토사입자 크기에 따른 침전속도와 요구되는 침사지 표면적을 나타낸 것이다.

Table 6에서 보면, 토사입자 크기가 감소함에 따라 요구되는 표면적은 급격히 증가함을 알 수 있다. 예를 들면, 0.02mm 입자를 포착하기 위하여 요구되는 침사지 표면적은 0.05mm 입자를 포착하기 위하여 요구되는 표면적보다 6.5배 큰 것을 알 수 있다. 즉, 0.02mm 보다 작은 입자를 포착하기 위하여 요구되는 표면적은 급속히 증가한다. 그런데, 침사지의 크기와 토사입자 포착의 크기 결정은 침사지를 만드는 비용을 고려하여 결정되어야 한다. 탁도와 기타

Table 7. Required optimum surface area

Sediment basin	Peak discharge (Qp) (m <sup>3</sup> /sec)	Settling velocity (Vs) (m/sec)	Optimum surface area (m <sup>2</sup> )
A	2.3743	0.00029	8,187
B	1.6183	0.00029	5,580
C	1.8248	0.00029	6,292
D	1.2421	0.00029	4,283
E	3.6636	0.00029	12,633
F	3.4231	0.00029	11,804

수질문제를 고려하면, 가능한 한 미세한 토사입자까지 포착하는 것이 바람직하나 0.02mm보다 작은 입자를 포착하기 위하여는 아주 큰 침사지 표면적이 요구된다. 특히, 점토 입자 0.005mm보다 작은 입자를 포착하는데 필요한 침사지 건설은 많은 비용이 들 것

을 예상할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 침사지의 설계를 위한 토사입자 크기를 0.02mm로 하였으며, 표준 침전속도(Vs)는 Table 6에 의하여 0.00029(m/sec)가 된다.

(2) 요구되는 침사지의 적정표면적

유수량 중에 부유된 토사입자를 포착하기 위하여 요구되는 이상적인 침사지 적정표면적은 (공식4)에 의하여 침사지로 유입되는 유수량(Q)을 토사입자의 침전속도(Vs)로 나누어서 구하였으며, 그 결과는 Table 7과 같다.

3) 토사퇴적량(3단계)

요구되는 침사지의 적정깊이를 설정하기 위하여 얼마동안 침사지에 퇴적되는 토사의 양을 기준으로 할 것인지를 고려하여야 한다. 이는 대상지의 공사기간과 관련하여 설정될 수 있는데, 본 논문에서는 토사가 1년간 퇴적되는 양을 기준으로 하였다. 침사지에 퇴적되는 토사의 양은 침사지의 유역에서 유입되는 토사유수량으로부터 추정할 수 있는데, 토사유수량은 토양유실량에 운송비를 곱한값으로 추정할(황은 등, 1993) 수 있다. 침사지 내에서의 퇴적량은 유입되는 토사유수량에 토사 포착효율을 곱하여(Davis,

1977) 계산할 수 있다.

이 때, 토양유실량은 USLE(Universal Soil Loss Equation; Wischmeier, 1978)에 의하여 계산되어지는 연평균 토양유실량에 의하여 구할 수 있다. 이는 우창호와 황국웅(1996, 1998)의 연구결과에 따라 GIS(Geographic Information System)를 사용하여 계산하였다.

현재 지형상태에서 토양유실의 정도는 Fig. 5와 같으며, Table 8은 지형변형이 생긴 경계내에서 토지이용에 따른 총 토양유실량 합계는 Table 8과 같다. 이 지역내의 총 삼림면적은 57.45ha로서 1년 총 토양유실량은 207,716t이었다.

Table 8. Soil loss for various land use

	Wood land (Chungsan)	Paddy (Yimgok)	Crops area (Ahnryong)	Crops area (Jangwon)
Area (ha)	57.45	0.92	4.61	1.56
Total soil loss (t/yr)	207,716	994	3,309	2,910
t/ha/yr	3,616	356	718	1,865

한편, 논면적은 0.92ha로서 토사채취후 1년 총 토양유실량은 994t이었다.

밭지역에서 안룡통의 총 면적은 4.61ha로서 토사채취후 1년 총 토양유실량은 3,309t이었다. 그리고, 장원통의 총 면적은 1.56ha로서, 토사 채취후 1년 총 토양유실량은 2,910t이었다.

한편, 침사지 유역별 연간 토양유실량은 Table 11과 같다.

Table 9. Sediment delivery ratio

Drainage area (km <sup>2</sup> )	0.05	0.1	0.5	1
Delivery ratio	0.58	0.52	0.39	0.35

Source: US SCS, 1971(Hwang Eun et al. 1993 requoted)

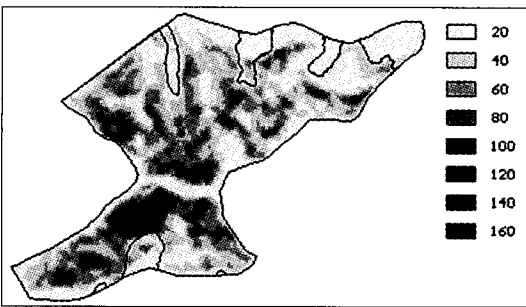


Fig. 5. Soil loss distribution of Buju mountain (t/ha/yr)

Table 10. Trap efficient rate

Soil series	Coarse sand (2-0.2mm)	Fine sand (0.2-0.02mm)	Silt (0.02-0.002mm)	Trap efficient rate	Soil loss rate(%)
Chungsan(Wood land)	37.3	12.7	29.9	50.0%	96.64
Yimgok(Paddy)	13.0	25.7	29.2	38.7%	0.47
Ahnryong(Crops area)	29.1	16.9	25.5	46.0%	1.54
Jangwon(Crops area)	15.0	22.6	32.5	37.6%	1.35

(Source: Detailed soil map, Institute of agricultural sciences, office of rural development, 1982)

운송비는 US SCS(황은 등, 1993 재인용)가 제시한 유역면적별 유사운송비를 사용하면 구할 수 있으며, 그 내용은 Table 9와 같다. 본 논문에서 각 침사지별 유역 운송비는 침사지 유역크기를 고려하여 결정하였다.

토사입자의 포착효율은 토성분류상 국제법에 의한 토양통별 특성으로 산정하였다. Table 10에서 각 토양통별 0.02mm(설계토사입자)보다 큰 입자의 백분율을 포착율로 보았으며, 대상지 내에서 발생하는 토양유실량의 비율로 볼 때, 청산통이 전체의 약 96%를(Table 8참고) 차지하므로, 침사지내에서 걸러지는 토사는 삼림지역에서의 포착율 50%를 기준으로 산정하였다.

따라서, 침사지 유역별 토사 퇴적량은 Table 11과 같다.

Table 11. Sediment deposit for the year

Sediment basin	Soil loss (ton/yr)	Sediment delivery ratio	Trap efficient rate	Deposit (ton/yr)
A	37,966	0.52	0.5	9,871
B	19,576	0.52	0.5	5,090
C	9,304	0.52	0.5	2,419
D	8,419	0.58	0.5	2,442
E	38,555	0.39	0.5	7,518
F	47,638	0.39	0.5	9,289

4) 침사지 퇴적깊이(4단계)

요구되는 침사지의 최소깊이는 대상지의 공사기간과 관련하여 설정될 수 있는데, 본 논문에서는 토사가 1년간 퇴적되는 깊이 이상이 되어야 한다고 가정하고, 이를 요구되는 최소깊이로 간주하였다. 침사지 퇴적깊이는 연간 퇴적되는 토사량을 부피로 환산하고, 이를 침사지 표면적으로 나누어 주면 구할 수 있다. 즉, 퇴적 토사량의 부피환산계수를  $c(\text{ton}/\text{m}^3)$ 라 하면, 퇴적부피( $\text{m}^3$ )는 퇴적량( $\text{ton}$ )/ $c$ 로 계산되어 진다. 이 때, 침사지 퇴적깊이는 다음 (공식5)에 의하여 계산된다.

$$\text{침사지 퇴적깊이}(\text{m}) = \frac{\text{퇴적부피}(\text{m}^3)}{\text{요구되는 침사지 표면적}(\text{m}^2)}$$

..... (공식 5)

본 연구 대상지의 토양구성이 사양토이기 때문에  $c = 1.8(\text{ton}/\text{m}^3)$ 으로(강인성, 1993) 계산하였으며, 그 결과는 Table 12와 같다.

Table 12. Volume and depth of sediment deposit

Sediment basin	Required surface area( $\text{m}^2$ )	Deposit (ton/yr)	Deposit volume ( $\text{m}^3/\text{yr}$ )	Deposit depth (m)
A	8,187	9,871	5,484	0.67
B	5,580	5,090	2,828	0.51
C	6,292	2,419	1,344	0.21
D	4,283	2,442	1,357	0.32
E	12,633	7,518	4,177	0.33
F	11,804	9,289	5,161	0.44

5) 요구되는 침사지 적정부피, 적정깊이(5단계, 6단계)

합리식에 의한 침투유출량( $\text{m}^3/\text{sec}$ )의 개념은 1초동안에 일정 유역으로 유입되는 강우량으로, 침투유출량의 1시간량을 계산하면 실제로는 6시간 동안 내린 비의 총량의 50%에 해당한다(U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, 1973). 침사지 적정규모 설정을 위하여는 10년빈도 강우강도의 6시간 동안의 강우량을 평균유입량 기준으로 사용하면, 이는 1시간 동안의 침투유출량의 2배 즉, 합리식에 의한 1초당 침투유출량의 2시간 분량으로 계산하면 된다(Goldman, 1986). 따라서, 본 연구에서는 침사지로 유입되는 지표수 유입량은 침투유출량의 2시간 동안의 양을 계산하였으며, 이를 침사지에 요구되는 적정부피로 간주하였다. 그 결과는 Table 13과 같다.

Table 13. Required storage volume

Sediment basin	Peak discharge ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )	Storage volume ( $\text{m}^3$ )
A	2.3743	17,095
B	1.6183	11,652
C	1.8248	13,139
D	1.2421	8,943
E	3.6636	26,378
F	3.4231	24,646



Table 14. Comparison of existing and proposed sediment basin's scale

Sediment basin	Surface Area (m <sup>2</sup> )		Depth (m)		Volume (m <sup>3</sup> )	
	Existing	Proposed	Existing	Proposed	Existing	Proposed
A	2,790	8,187	2.6	2.09	7,245	17,095
B	4,255	5,580	2.0	2.09	8,510	11,652
C	5,550	6,292	3.0	2.09	19,425	13,139
D	300	4,283	2.5	2.09	750	8,943
E	4,420	12,633	2.5	2.09	11,050	26,378
F	1,350	11,804	2.0	2.09	2,700	24,646

한편, 요구되는 침사지의 적정깊이는 침사지 부피를 침사지 표면적으로 나누어 계산할 수 있으며 (Table 14), 토사 퇴적에 따른 부족한 여유공간을 확보하기 위하여 그 값은 Table 12의 퇴적깊이보다 커야만 할 것이다.

2. 침사지 적정규모 비교

Table 14는 연구대상지의 기존의 침사지 실측치와 각 유역에서 요구되는 침사지의 적정규모를 앞에서 계산한 결과에 따라 비교하였다.

현재의 침사지 면적과 요구되는 침사지 적정표면적을 비교해보면 모든 침사지가 요구되는 적정표면적보다 작았다. 따라서 토사의 포착효율이 떨어질 것으로 예상할 수 있다. 그러나 토사 퇴적에 필요한 침사지의 최소깊이는 모두 양호하였으며 요구되는 침사지 적정깊이도 침사지 B, F를 제외하고 모두 양호하였다.

침사지 적정부피 설정을 위하여 Goldman(1986)이 제시한 10년 빈도 6시간 동안의 강우의 평균 유입량을 기준으로 요구되는 침사지 표준부피는 침사지 C를 제외하고는 모두 적절하지 못하였다.

각 유역의 침사지로 유입되는 유입량 대 침사지 부피 비율은 A침사지 42%, B침사지 73%, C침사지 148%, D침사지 8%, E침사지 42%, F침사지 11%로서 특히 A, D, E, F 침사지의 용량은 강우시 유입량의 42% 이하로 집중 호우시 강우 유출로 심각한 환경문제를 일으킬 것으로 분석되어 실제 상황과 일치하였다. 반면에 침사지 C의 부피는 요구되는 부피의 약 1.5배로 폭우시 유입량을 수용할 수 있을 것으로 분석되어 집중 호우시 강우 유출이 일어나지 않는 실제 상황과 역시 일치하였다.

현재, 침사지에서 집중 호우시 강우 유출에 따른 환경적인 문제를 해결하기 위한 방편으로 침사지 부피를 늘리기 위하여 침사지 표면적을 늘일 필요가 있는 것으로 생각된다.

IV. 결론

본 연구는 적절한 침사지 규모를 설정하기 위하여 기존 연구에서 이와 관련한 이론을 검토하여 그 계산 과정을 구체화시켰다. 현재 무리한 개발로 침식과 토사유출등 환경문제를 일으키는 목포시 부주산의 침사지를 대상으로 침사지 크기를 실측에 의하여 조사하고 본 연구에서 구체화시킨 방법으로 적절한 침사지 규모를 산정하였다.

현재의 침사지 표면적과 요구되는 침사지 적정표면적을 비교해 보면 기존 침사지 모두 요구되는 침사지 적정표면적보다 작았다. 따라서, 침사지 내에서 토사의 포착효율이 떨어질 것으로 예상할 수 있었다. 토사 퇴적에 필요한 침사지의 깊이는 모두 양호하였으나, 침사지 부피는 침사지 C를 제외하고는 침사지로 유입되는 유수량을 수용하지 못해 주위 환경에 영향을 줄것으로 분석되었으며, 이는 실제 상황과 일치하여 본 연구에서 구체화 시킨 침사지 적정규모 설정 계산과정의 타당성을 입증할 수 있었다.

한국에서 대단위 위락시설 또는 골프장 등 각종 단지개발 조성시 기존 지형과 자연환경의 변화로 침투 유출량 증가에 따른 홍수조절과 수질향상, 미적효과를 위한 다목적 저류지가 필요하고 현재 만들어지고 있다. 특히, 골프장에서는 유지 관리를 위하여 집수 구역에서 살포되는 농약의 단지의 유출을 막기 위한 여과장치의 다목적 저류지가 필요하다. 이 때, 본 연

구에서 구체화시킨 침사지 적정 규모설정 방법을 응용하면 저류지로 유입되는 지표유수량 계산과 저류지 적정규모를 설정할 수 있을 것이다. 그러므로, 침사지나 저류지 설계시 과대설계에 의한 공사경비를 줄일 수 있고, 과소설계에 의한 환경적인 파괴도 예방할 수 있을 것으로 생각된다.

한편, 본 논문에서는 언급하지 않았지만 침사지의 형태, 구조 및 관리방법에 따라 침사지내에서 토사의 포착 효율이 달라질 것을 예상할 수 있는데, 아직 이에 관한 연구가 미흡한 실정이다. 따라서, 앞으로 이에 대한 자세한 연구가 필요하다고 사료된다.

### 인용 문헌

1. 강인성, 고훈준(1993) 토목적산학개론, p.170. 구미서관.
2. 농촌진흥청(1982) 정밀토양도.
3. 예우성, 이희선, 이규석(1994) GIS를 이용한 계룡산 국립공원 제2집단지설지구개발의 수문 영향과, 환경영향평가학회지. 3(2): 57 - 67.
4. 우창호(1994) 무계획적인 토사채취지의 문제점과 복구방안에 관한 연구. 목포대학교 연안환경연구소 논문집. 11: 61-79.
5. 우창호, 황국웅(1996) GIS를 이용한 대규모 단지개발지의 토양유실량 추정을 위한 USLE의 인자값 결정과 적용 방법에 관한 연구. 한국조경학회지. 23(3): 115-132.
6. 우창호(1996) GIS를 이용한 대규모 단지 개발지의 토지이용 변화에 따른 수문 영향 파악. 목포대학교 연안환경연구소 논문집. 13: 75-86.
7. 우창호, 황국웅(1998) GIS를 이용한 USLE 지형인자(LS) 자동계산 방법에 관한 연구. 한국조경학회지. 26(3): 162-177.
8. 윤태훈(1993) 합리식과 우수관거. 제1회 수공학워크샵. 1-19.
9. 이명우(1989) 토지이용을 고려한 소유역의 수질예측모형에 관한 연구. 서울대학교 환경대학원. 박사학위 논문.
10. 이원환(1980) 도시하천 및 하수도 개수계획상의 계획강우량 설정에 관한 추계학적 해석. 대한토목학회지. 28(4).
11. 황은 외(1993) 농지공학, pp.201-260, 향문사.
12. APWA Research Foundation(1981) Urban Stormwater Management. American Public Works Assoc.. 1313 East Sixtieth St. Chicago. IL.
13. Camp, Thomas R.(1946) Sedimentation and The Design of Settling Tanks, Trans. American Society of Civil Engineers. pp. 895-958.
14. Chen, Charng-Ning(1975) Design of Sediment Retention Basins, National Symposium on Urban Hydrology and Sediment Control. Univ. of Kentucky. July 28-31.
15. Curtis, David C. and Richard H. McCuen(1977) Design Efficiency of Stormwater Detention Basins. Journal of the Water Resources Planning and Management Division. ASCE. Vol.103, No. Wrl, pp.125-140, May.
16. Davis, William J., William E. Bell and Lewis H. Williams(1977) Trap Efficiency of Sediment Basins Below Construction site, A Practical Case Study, Proc. International Symposium on Urban Hydraulics and Sediment Control. Univ. of Kentucky. pp. 241-246.
17. Desmet, P.J.J., and G. Govers(1996) A GIS Procedure for Automatically Calculating the USLE LS Factor on Topographically Complex Landscape Units. Journal of Soil and Water Conservation, 51(5): pp427-433.
18. Driscoll, Eugene D.(1983) Performance of Detention Basins for Control of Urban Runoff Quality. Proceedings of the 1983 International Symposium on Urban Hydrology, Hydraulics and Sediment Control, Univ. of Kentucky. July.
19. Driscoll, Eugene D.(1986) Detention and Retention Controls for Urban Runoff, Impact and Quality Enhancement Technology. ASCE.
20. Ferguson, Bruce K. and Thomas N. Debo(1987) On-Site Storm water Management. PDA Publishers Corporation, Mesa. Arizona.
21. Ferguson, Bruce K.(1987) Effective Site Design, Presented at Sediment and Stormwater Management Conference. Chestertown. Md., August.
22. Ferrara, Raymond A(1982), Stormwater Detention and Nonpoint Source Pollution Control. International Symposium hydrology, Hydraulics and Sediment Control. Univ. of Kentucky. July.
23. Foster, G.R., W.H. Wischmeier(1974), Evaluating Irregular Slopes for Soil Loss Prediction. TRANSACTION of the ASAE. 17: 305-309.
24. Field, Richard and John A. Lager(1975), Urban Runoff Pollution Control, Journal of Env. Eng. Div. ASCE.. Feb.. pp.107-125
25. Georgia State Soil and Water Conservation Committee(1975), Manual for Erosion and Sediment Control in Georgia.
26. Goldman, S. J.(1986), Erosion and Sediment Control Handbook. McGraw Hill Inc. NY.
27. Griffin, John R.(1987), Guidelines for Constructing Wetland Stormwater Basins. State of Maryland Department of Natural Resources. Annapolis. Maryland.
28. Harrington, B.W.(1986), Feasibility and Design of Wet Ponds to Achieve Water Quality Control. Paper presented at the 1986 Sediment and

- Stormwater Management Conference. Salisbury State College. Salisbury. Maryland.
29. Kamedulski, Gregory E. and Richard H. McCuen(1979) Evaluation of Alternative Stormwater Detention Policies, *J. of the Water Res. Planning and Management Div.. ASCE.* Vol. 105, No. WR2, pp.171-186.
  30. Pemberton, E. L., and J. M. Lara(1971) A Procedure to Detention Sediment Deposition in a Settling Basin, U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation Sedimentation Investigations Technical Guidance Series. Section E. Part 2, Denver. Colorado.
  31. Rossmiller, Ronald L.(1982) Outlet Structure Hydraulics for Detention Facilities. International Symposium on Urban Hydrology. Hydraulics and Sediment Control. Univ. of Kentucky. July. pp.341-355.
  32. Schwab, G. O., Frevert, R. K., Barnes, K. K., and Edminster, T. W.(1971) Elementary Soil and Water Engineering, John Wiley and Sons, Inc.. New York.
  33. Schwab, G. O., Frevert, R. K., Barnes, K. K., and Edminster, T. W.(1981) Soil and Water Conservation Engineering. John Wiley & Sons Inc.. New York.
  34. U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation(1973) Design of Small Dams. GPO. Washington D.C..
  35. Ward, A. D., C. T. Haan, B. J. Barfield(1979) Prediction of Sediment Basins Performance. *Trans.*
  36. Ward, A. D., C. T. Haan, B. J. Barfield(1980), The Design of sediment Basins. *Trans. ASAE.* pp.351-356.
  37. Whipple, Jr. Williams(1979) Dual Purpose Detention Basins. *Journal of Water resources Planning and Management Div.. ASCE.* Sept.. pp404-411.
  38. Wischmeier, W.H., and D.D. Smith(1978) Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. USDA Agr. Handbook 537.
  39. Wolman M. G., and A. P. Schick(1967) Effects of Construction on Fluvial Sediment. Urban and Suburban Areas of Maryland. *Water Resources Researches.* 3: 451-464.
  40. Woo, Chang-Ho(1989) Design Criteria for Wet Detention Pond to Improve Water Quality in Urban Area. University of Georgia. MLA Thesis.