

〔VI〕 結 論

흙을 工學的目的에 利用코자 흙에 關한 設計를 하고 工事를 하고 또 이 目的을 爲하여 調査할때에 가장 必要한것이 흙의 分類이다. 우리나라는 아직 흙分類法을 設定하지 못하고 있어 早速한 時日內에 此決定이 있어야 할 立場에 當面하여 先進國家에서 여러가지 分類法이 使用되고 있는 것中 가장 發展된것이며 우리가 使用하기에 便利하다고 生覺되는 것이 美國內務省開拓局과 工兵技術團에서 使用하고 있는 統一흙分類法인 바 이 分類法은 視覺과 簡單한 手試驗으로 흙을 分類할수 있으며 此에 附加하여 試驗所에서 粒度分析과 아타박界限만을 試驗함으로써 더 確實하

게 分類할수 있다. 어떤 흙이든지 15個구로 分類를 하면 그 個個구로 的 흙을 工學的目的使用에 適否를 比較하는고로 大體的인 흙에對한 判斷을 할수있다. 開拓局에서도 1952년에 本 分類法을 決定한點에 비추어 其 以後부터 使用하였을것이며 筆者가 Denver開拓局에서 訓練을 받고 있던 1956年2월에 開拓局管內 全國의 地方事務所와 水利組合技術者에 對한 講習會에서도 熱心히 講義하고있든 點등에 비추어 美國에서도 本 分類法을 最近에야 使用함에 이르렀을 것으로 생각되는바로서 本法을 그대로 우리가 使用하여도 無妨할것으로 믿는다.

(筆者, 大韓水聯事業部企劃係長)

土壤侵蝕量算出法

金 學 榮

1. 緒 論

國土保存 及 農地保全의 見地에서 土壤의 侵蝕防止 及 水源涵養이 時急히 要求되는 이때. 特히 우리들이 從事하고 있는 水利事業에 있어서 貯水池築造後 年年히 堆積되는 泥土로 因하여 貯水量的 減少를 招來하며 再次 餘水吐 及 土堰堤의 嵩上工事を 하지 않으면 안될 境遇가 頻繁하니 此後 貯水池設計에 있어서는 最少 30~50年間의 沈澱土를 豫算하여 設計하지 않으면 안되며 沈澱의 原因에 對한 研究 及 沈澱量減少에 對한 對策等이 必要하게 된다.

土壤侵蝕에는 水路侵蝕(Canal Erosion)과 表面侵蝕(Sheet Erosion)이 있으며 水路侵蝕안에 溝侵蝕(Gully Erosion), 溪谷侵蝕(Valley Trenching), 川床侵蝕(Streambed Erosion) 堤防侵蝕(Stream bank Erosion) 등이 있다. 水路侵蝕의 被害는 一目瞭然하여 認知하기가 容易하므로 이를 過大視하며 表面侵蝕은 傾斜地全域에 걸쳐서 土壤이 薄層으로 流失되는 現象으로서 이의 被害程度가 大端히 甚하지 아니하므로 放任하는 傾向이 많다. 또한 土壤의 生成이 長久한 歲月을 經過하여 이루어졌으며 自然資源의 保全과 더 보려 土地의 肥沃度を 增加시키고 傾斜地의 生

產量을 增加함은 勿論, 集水流域에서 일어나는 土壤侵蝕量을 算出하고 貯水池의 沈澱(Sediment)을 防止하여야 한다. 美國의 New Mexico Juney 堰堤는 每年 4.9%의 貯水量이 減少되어 12年後에는 餘水吐의 높이까지 達하였었다고 한다. 우리나라에 있어서도 洪水와 더불어 土砂流去, 田畚埋沒天床川의 造成 河床의 位置變動等은 既設揚水場의 廢棄 및 水源變更工事, 水害復舊工事等을 招來하는 例가 많다. 우리나라는 約70%가 山林이고보니 山林綠化, 及 砂防工事に 期待되는바 至大함은 勿論이려니와 합저를 더 나가서 流域全體에 對한 管理, 卽 山林地, 牧草地, 耕地 三種으로 이를 區分하여, 土地의 傾斜에 依하여 開拓可能地를 開拓하여 全流域에 對하여 保全事業을 實施함으로써 自然人口의 增加에 對한 食糧對策 及 農村生活水準의 實質的인 向上을 가지고 와야 할 것이다.

2. 年間面狀侵蝕量의 算出法

現在 美國 東南部地帶(9個洲)에서 使用하고 있는 資料를 紹介하고자 한다.

土壤侵蝕의 諸因子인 地被物條件, 土質傾斜度 傾斜長 雨量等에 對하여 試驗測定을 하고 貯水池築造時에는 土壤專問家로 하여금 集水流域의

踏査와 더불어 現在狀態下의 表面侵蝕量 及 保全事業後의 侵蝕量을 算出하여, 向後 50年間に 豫測沈澱容積에다 貯水量을 加算하여 設計를 하고 있다. 앞으로 우리 韓國에서도 이 土壤侵蝕量에 對한 實驗係數를 得하고 貯水池 築造 設計에 使用하여야 될 것이다.

$$E = f.c.s^{1.35}L^{0.39}p^{1.75}$$

E = 土壤侵蝕量 (年間/Inches)

F = 土壤流去에 基礎值

C = 地被物條件

S = 傾斜度 (百分率)

L = 斜面長 (Feet)

P = 二年間に 있어서 30分間の 最高雨量 (Inches)

上記式은 Musgraue氏와 그外 助手들에 依하여 作成된 것으로서 現在使用되고 있다. Figure 1은 1948年으로부터 農地保全局地帶事務所(S.C. S. Region office) 技術者에 依하여 作成된 것으로서 基礎土壤流去值(年間 Inches 單位)인 f를 表示하였으며 이것은 普通 遊閑地(C)=100, 傾斜度(S)=6% 傾斜長(L)=72.6 Feet 2年間に 있었던 30分間の 最高雨量을 1.35吋로하여 算出한 것이며, 어떠한 條件의 現場이든간에 그 地區內에 適合한 條件으로 修整되어야 한다. 地被物인 C는 上記式에 있어서 土地表面을 百分率로 表示한 것이며, 다음에 表示한 Table 1은 侵蝕에 있어서 實地적으로 各種地被物에 따라서 重要한 關係를

表示한 factors이며 이것은 基礎土壤流去值을 修整한다.

Table 1

地被形態 (Type of Cover)		地被率 Cover Factor (C)
耕作地 (L)	條播作物 혹은 休閒地	100
	條播作物 2年間 輪作	34
	小粒作物	22
	牧草와 多年生植物	1
牧草地 (P)	牧草地, 粗惡	20
	〃 中庸	8
	〃 良好	1
荒蕪地 (X)	荒蕪地, 粗惡	20
	〃 中庸	8
	〃 良好	1
林地 (F)	林地, 粗惡	5~1
	〃 良好	1~0.1

이 地被物形態는 地形의 分類로서 理水專門家에게도 使用된다. 土壤侵蝕(Information)에 있어서 現在の 侵蝕值과 같이 未來에 對한 侵蝕值의 決定도 普通 必要하게 된다. 그러므로 土地保護와 土地利用問題에서 오는 豫測되는 未來의 地被物條件을 알아야 한다. 地被物係數 C는 面積比率에 依한 平均値로 決定되며 이는 土地保全 調查時에 地圖上에 表示하는 各 主要 土地利用 區分의 平均으로서 決定된다. 다음에 Table 2는 "C"值에 있어서 現在와 未來의 것을 表示한 것이다.

Table 2 地被物條件의 分類

地被 Factor %	土地利用의 區分	主要 土地 利用									
		耕作地 (L)		林野地 (F)		荒蕪地 (X)		牧草地 (P)		計	
		現在	未來	現在	未來	現在	未來	現在	未來	現在	未來
100	條播作物	(AC) 600	(AC) 400	(AC)	(AC)	(AC)	(AC)	(AC)	(AC)	(AC)	(AC)
34	輪作	1,000	1,100								
22	小粒作物	400	500								
1	乾草	200	300								
20						500		3,000			
8						100		500	1,000		
5				2,500							
1								100	3,000		
0.1				100	2,700						
	計	2,200	2,300	2,600	2,700	600	0	3,600	4,000	9,000	9,000

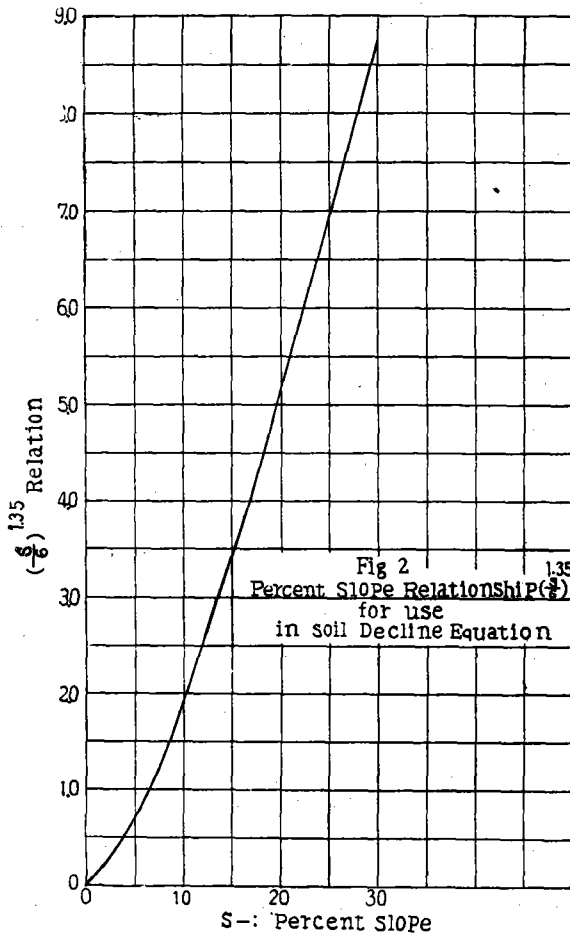
各 主要 土地에 있어서 平均 地被率(factor)은 面積比率를 通하여 決定된다. 例컨데 耕作地(L)의 現況를 보면
 $(600 \times 100 + 1,000 \times 34 + 400 \times 22 + 200 \times 1) \div 2,200 = 46.8$

이렇게 하여서 Table 3과 如히 表示된다.

Table 3. 面積比率에 依한 地被 factor "C"

區 分	主要 土地 利用							
	耕作地 L		林野地 F		荒蕪地 X		牧草地 P	
	現在	未來	現在	未來	現在	未來	現在	未來
	%	%	%	%	%	%	%	%
地被 Factor "C"	46.8	38.6	4.8	0.1	18.0	—	17.8	2.8

斜面長과 傾斜度는 現場에서 測定되며 普通이 것도 土地保全調査時에 圖面에 記入되여 이를 使用한다. 다음에는 傾斜의 平均値를 指摘하여야 되며 土地에 裝置되는 어떠한 計劃(Program)으로 因해서 變更되지 아니한다. 傾斜度 斜面長(Terracess 혹은 Diversion으로 短縮되는 곳은



除外)과 雨量은 自然의 物理的條件으로 固定된 것이며 土地保護 혹은 土地安定問題에 依하여 影響되지 아니한다. 各 重要 土地利用에 있어서의 傾斜分類의 表는 다음 Table 4속에 平均値로서 表示하였다.

Table 4. 傾斜度와 傾斜長의 分類

傾斜 種類	平均1) 平均2)		主要 土地 利用				Total
	%	長	耕作地 L	林野地 F	荒蕪地 X	牧草地 P	
		(feet)	(acre)	(acre)	(acre)	(acre)	(acre)
A	1	100	200		50	200	
B	4	270	1,000	200	150	600	
C	9	220	900	300	100	1,000	
D	16	175	100	800	200	1,400	
E	25	200	—	1,300	100	400	
		計	2,200	2,600	600	3,600	9,000

1) 土壤測量에 依據하여 傾斜種類의 制限을 分類함.

2) 保全調査에 있어서 傾斜標本을 測定하여 平均長을 feet 單位로 表示한다.

面積比率에 依한 地被率(Cover, factor)을 決定하는 것과 같이 平均百分率의 傾斜(S)와 平均 傾斜長(L)로 面積比率를 通하여 得하게 된다.

例를 들면,

平均傾斜 耕作地 =

$$\frac{(2,000 \times 1 + 1,000 \times 4 + 900 \times 9 + 100 \times 16)}{2,200} = 6.3\%$$

Table 5. 平均 Slope와 Length

主要 土地 利用	平均 S	平均 L
	(%)	(feet)
L 耕作地	6.3	229
F 林野地	18.8	200
X 荒蕪地	12.1	204
P 牧草地	12.2	202

한가지 例를 들어서 基礎流去值인 "f"가 年 0.12 Inches이고 2年間에 있었던 30分間의 最高雨量이 1.40吋 이라면 이 Information은 Figure 1에서 得한다. 基礎土壤流去值는 年0.12吋로 이미 地被物과 傾斜 雨量으로서 表示되었으며 이는 어떠한 現場의 條件에 따라서 이에 符合되는 物理的 條件으로 修整되어야 한다.

그리고 이 實存하는 物理的條件은 前述하였다. 土壤減小恒等式으로서 必要한 修整의 表示는

$$E = F \cdot C \left[\frac{S}{6} \right]^{1.35} \left[\frac{L}{72.6} \right]^{0.35} \left[\frac{P}{1.35} \right]^{1.75}$$

이며 必

SOIL AND RAINFALL DATA

FOR USE IN

SOIL DECLINE EQUATION Fig 1

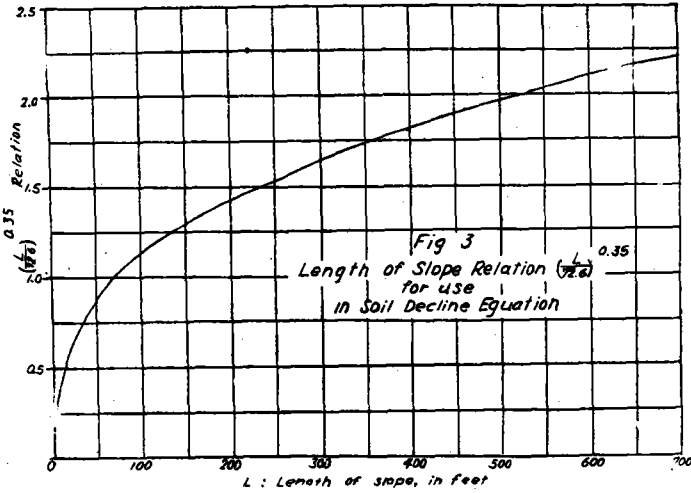


LEGEND



Basic Soil Decline, in inches, per year
When Slope = 6%
Slope Length = 72.6'
Maximum Rainfall, 30 minute period, 2 year frequency = 1.35"
Cover Conditions - Fallow or Clean Cultivated

1.60" ——— Maximum 30 minute 2 year frequency rainfall in inches (from Yarnel



要한 修整은 Table 3과 5 Figure 2·3·4로서 다음과 같이 計算된다.

1. 耕作地(L)에 있어서

現在의 侵蝕量 $E = 0.12 \times 0.468 \times 1,000 \times 1.49 \times 1.065 = 0.089$ in/Yr

未來의 侵蝕量 $E = 0.12 \times 0.368 \times 1.00 \times 1.49 \times 1.065 = 0.074$ in/Yr

2. 林野地(F)에 있어서

現在의 侵蝕量 $E = 0.12 \times 0.048 \times 4.75 \times 1.43 \times 1.065 = 0.042$ in/Yr

未來의 侵蝕量 $E = 0.12 \times 0.001 \times 4.75 \times 1.43 \times 1.065 = 0.010$ in/Yr

3. 荒蕪地(X)에 있어서

現在의 侵蝕量 $E = 0.12 \times 0.178 \times 2.53 \times 1.43 \times 1.065 = 0.082$ in/Yr

未來의 侵蝕量 $E = 0$

4. 牧草地(P)에 있어서

現在의 侵蝕量 $E = 0.12 \times 0.178 \times 2.53 \times 1.43 \times 1.065 = 0.082$ in/Yr

未來의 侵蝕量 $E = 0.12 \times 0.028 \times 2.53 \times 1.43 \times 1.065 = 0.013$ in/Yr

上記 修整의 大要를 表示하면 Table 6 과 같다.

Table 6. 土壤減小值의 大要

		主要土地利用					計
		L	F	X	P		
面積 (Acres)	現在	2,200	2,600	600	3,600	9,000	
	未來	2,300	2,700	0	4,000	9,000	
土壤減小 E.in/Yr.	現在	0.089	0.042	0.083	0.082	0.072 (1)	
	未來	0.074	0.001	0.00	0.013	0.025 (1)	

(1)은 重量平均値이다.

$$(2,200 \times 0.89 + 2,600 \times 0.072 + 600 \times 0.083 + 3,600 \times 0.082) \div 9,000 = 0.072$$

上記한 面狀侵蝕量은 容積測定의 基本으로서 Inches/year로 表示하였다. 이것을 重量으로 變更시켜야 하며 土壤의 容積重量에 對한 常識을 가져야 한다. 이 地區의 普通土壤의 重量은 Acre/吋에 150噸 이다. 例컨데 平均値를 使用하여 侵蝕에 平均年値를 Table 6 으로부터 다음과 같이 進展시킨다.

現在條件에 있어서 $0.072 \times 150 =$

10.8 ton per Acre-Yr

未來條件에 있어서 $0.025 \times 150 = 3.8$ ton per Acre-Yr.

이 地區의 年間土壤總移動量은 다음과 같다.

現在 $10.8 \times 9,000 = 97,200$ ton per-Yr.

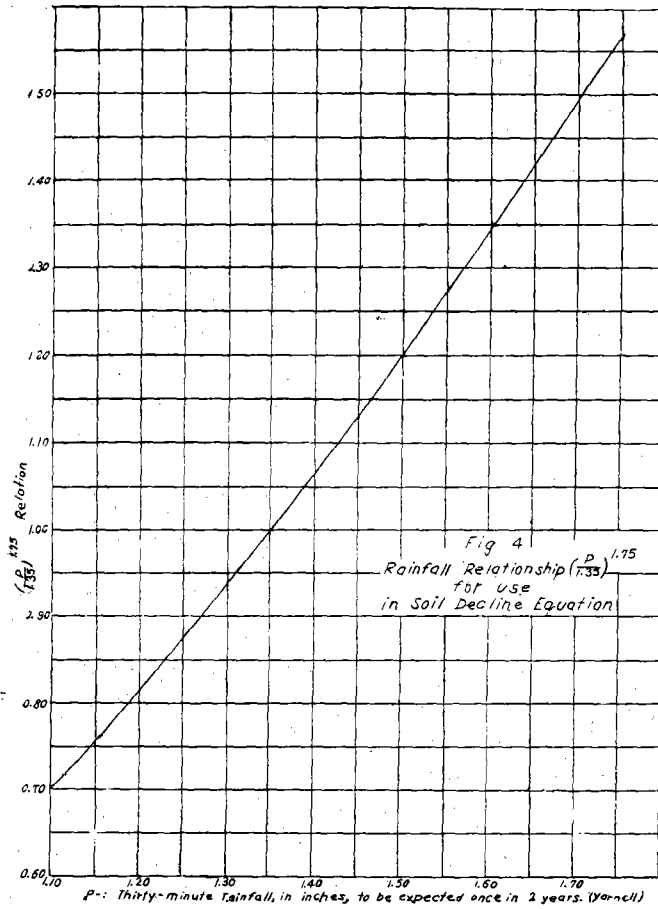
未來 $3.8 \times 9,000 = 34,200$ ton per-Yr.

3. 水侵路蝕量

水路侵蝕量은 溝의 平均橫斷面을 溝長으로 乘함으로써 算出하며, 總量을 造成期間으로 分割함으로써 Gully 內에 土壤移動率을 算出하고 있는데 Gully 造成期間은 普通 附近住民으로부터 聽取하거나 新舊航空寫眞의 對照로서 이를 得하게 된다. 또 어떤 地區內에서는 附近 Gully의 土壤移動率에 關한 試驗所 資料를 利用한다. 上記한 方法等으로 年間土壤侵蝕量을 算出하고 이에 對한 減少策 及 工作物設計上의 絶對的인 位置를 차지하고 있다.

4. 貯水池에 對한 土砂運搬率

土壤侵蝕에 對한 沈澱生産率은 Delivery Rate 라고 하며, 急傾斜에 많은 水路를 가진 流域은 緩傾斜의 小數水路 流域보다 運搬率이 높은것은 勿論이며, 流域面積에 따라 關係가 많으며, 流域面積이 小할수록 運搬率이 大하다. 勿論 10mile² 以上の 流域에서는 運搬率이 0.25 이다. 故로 流域의 Size 와 地勢에 따라 運搬率(沈土澱量)이 相違하다. 또 水路型侵蝕의 運搬率은 表面侵蝕보다 相當히 높다. 即 水路侵蝕方法으로 侵蝕된 materials는 運搬過程內에 가깝고, 많은 materials에 百分率이 直接 運搬過程에 드러가



例

集水面積 10miles²

面狀侵蝕 3,000 ton/mi²/Yr

水路侵蝕

溪 谷

道路堤防

溪川堤防

1,000 ton/mi²/Yr

計 4,000 ton/mi²/Yr

沈澱量 = 總侵蝕量 × 流去率

流去率 = 20%

沈澱量 = 4,000 ton/mi²/Yr × 0.2

= 800 ton/mi²/Yr

年間沈澱量 800ton/mi²/Yr × 10

= 8,000ton\Yr

50年間の沈澱量

800 × 50 = 400,000ton

1Acre-feet의沈澱土重量 1,300ton
(60Lbs/foot³)

5. 結 論

上記한바와 如히 現在 美國에서는 各主要土質地帶에 農地保全試驗所를 設置하여 土壤侵蝕量, 流出量을 多角的인 因子條件 밑에서 試驗을 하고 이 에 對한 係數를 發見하여 恒等式으로 서 算出하고 있는 實情이다. 우리나라에서도 앞으로 이와같은 試驗을 通하여 確實한 土壤侵蝕量及 流出量에 對한 係數를 定하고 國土保全, 水利事業等에 利用하여야 되며, 流域全體의 保水保土에 對한 새로운 認識을 가져야 할것이다.

서 沈澱堆積土로 되며, 혹은 때때로 短距離를 移動하여 運搬過程 外에 堆土된 部分에 一時留止하게 된다. 一部는 生成土 位置에 殘留되어 沖積土로서 더욱 水準 slopes로 堆積된다.

以上과 같은 事實로서 運搬率을 豫測하여야 한다.

(筆者, 水聯事業部勤務)