

觸面 B-C-D-E에 그 重量付 距離比로 內  
分하면 基礎面下의 揚壓力이 求해진다. 即

$$0.33\} = 1.86$$

$$D : 2.50 - \left\{ 0.33 + \frac{2+2}{2+2+2.5} \times (1.32 -$$

$$C : 2.50 - \left\{ 0.33 + \frac{2}{2+2+2.5} \times (1.32 -$$

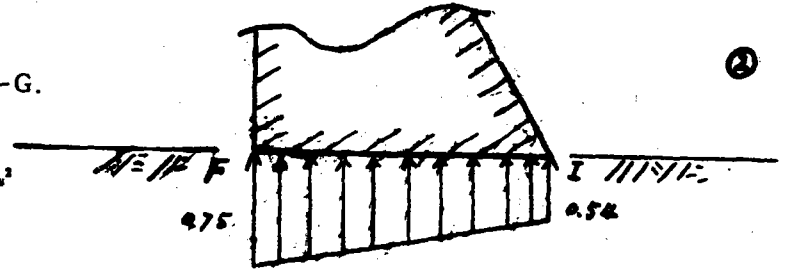
$$0.33\} = 1.56$$

5. 堰體에 미치는 揚壓力

a. A-B-C-D-E-F-G.

$$F : 0.75 \text{ T}^m/m^2$$

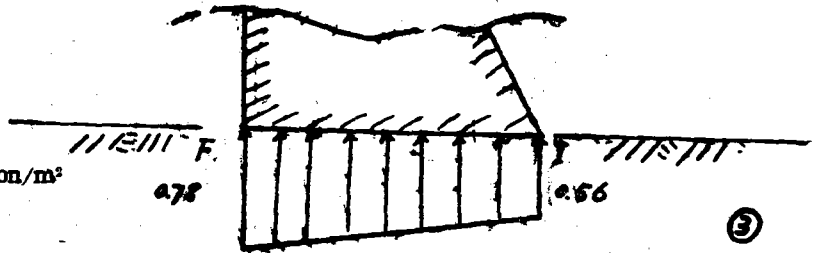
$$I : 0.75 \times \frac{5}{7} = 0.535 \text{ T}^m/m^2$$



b. A-B-E-F-G

$$F : 0.78 \text{ ton}/m^2$$

$$I : 0.78 \times \frac{5}{7} = 0.557 \text{ ton}/m^2$$



以上の 計算方法으로 構造物(取入堰)의 安定  
을 檢討할 때는 上下流의 水柱高가 最大되는 境  
遇의 水理條件을 取하여 計算을 하게 된다. 그  
리고 堰體에 直接 作用하는 揚壓力은 上下流에  
取付하는 水叩의 設置方法에 따라 달라질 것이

다. 그러므로 이 方法에 依하여 堰體의 揚壓力  
의 計算되는 境遇는 計算例에서 보인 그림과 같  
이 堰體에 水叩를 取付하여 施工하는 때이다.

(筆者 : 農林部 灌溉課 助務)

## Design Hydrograph에 대한 小考

### 嚴 肅 營

現 水利事業에 當面하고 있는 課題中 貯水池  
餘水吐 能力 計算에 있어 必要한 洪水量 計算  
方法은 여러가지 있으나 中 現在 美國 Soil  
Conservation Service에서 使用하고 있는 Hydr-  
ogroph method를 소개 하고저 한다.

計算方法의 概要

餘水吐 上部 流域에 關한 材料中 다음과 같은  
材料는 洪水量 計算上 常時 必要한 것이다.

- (1) 地勢圖
- (2) 貯水池 位置面圖
- (3) 流域의 土地 分類에서 오는 水文學的 土  
被 土性의 係數
- (4) 流域에서 餘水吐까지의 流達時間

#### 1. 餘水吐 上部 流域에 Soil 植物

地勢等이 均等히 分布하든가 水文學的으로 極히  
멀리 떨어져 있어 그 영향이 極히 미치는 流域  
에 있어 洪水量 計算은 普通 다음 順序에 依한다.

a. 新設 構造物의 地廻의인 位置에 따라 6時  
間 降雨 分布圖로부터 6時間 地點 降雨量을 計  
算한다던가 혹은 경험에 의하여 用도된 다음의 式  
으로써 여러 期間에 對한 最大 降雨量을 6時間 地  
點 降雨量으로 變化시켜 使用할 수가 있다.

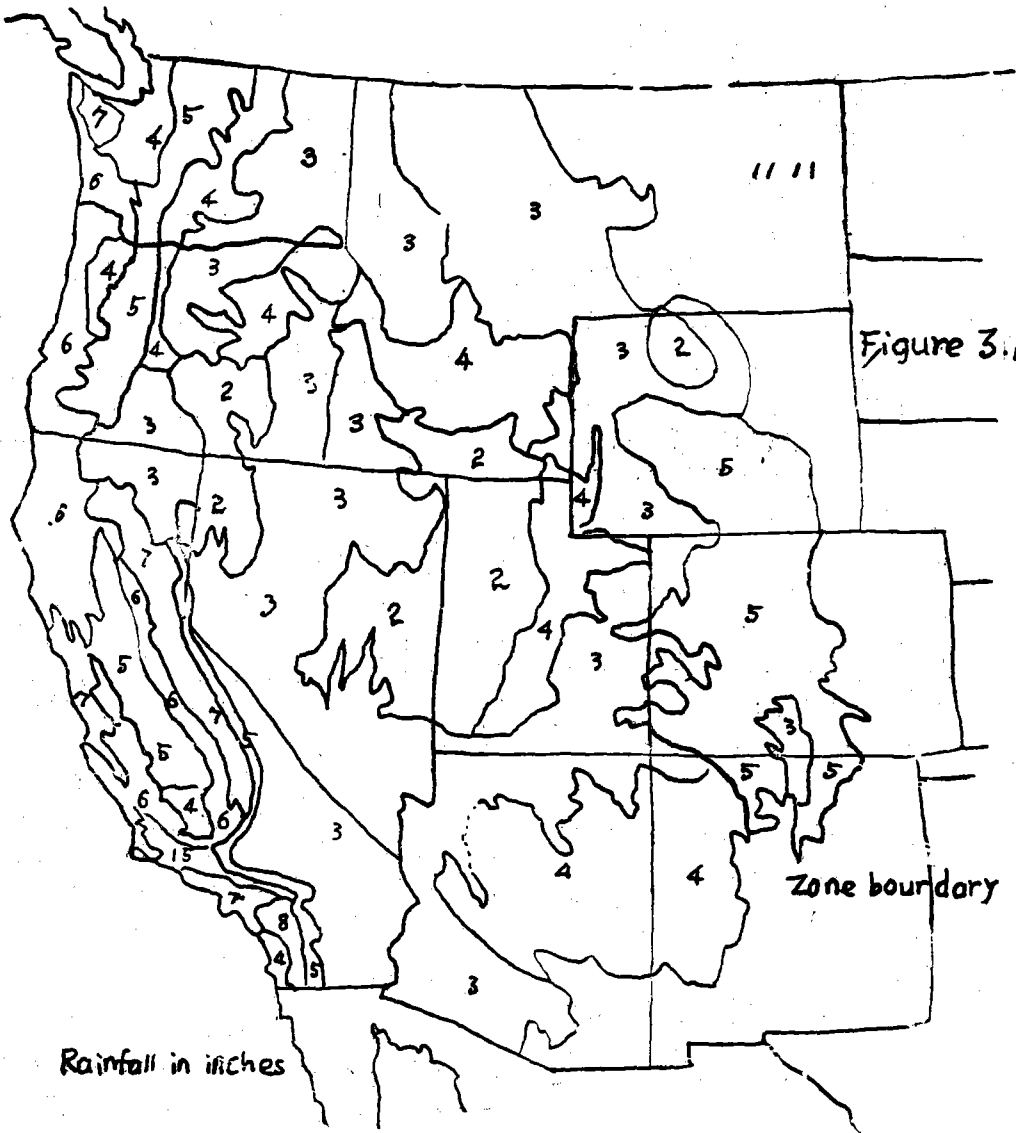
$$P_6 = P_r(6/D)^{0.4}$$

여기서  $P_6$  = 6時間의 降雨量

$P_r$  = D時間 동안의 降雨量

D = 時間

HYDROLOGY: SIX-HOUR POINT RAINFALL, Wsetern U. S. and Puerto Rico



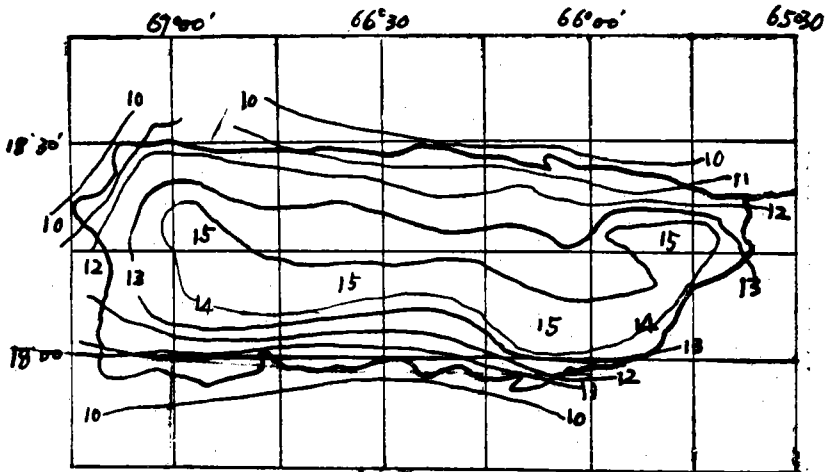


Figure 3.21-3

우리 나라의 6時間 降雨 分布圖는 現在 作成 中에 있어 作成과 함께 그 使用度가 높아질 것이다.

b. 上記 6時間 地點 降雨量은 Fig 3.21-4의 Curve를 使用하여 構造物 上部 流域 面積의 크기에 對하여 加減한다. 上記 圖面中 “Shorp” Curve는 美西部地方에 使用할 수 있도록 A.C. Chorp氏에 依하여 만들어졌으며 “Fletcher” Curve는 Robert D. Fletcher氏에 依하여 平均條件 때에 만들어진 것으로 1950年 6월에 降雨深 一面積一時間과의 관계式으로 變形 시킨 것이다.

“Dorroh” Curve는 美 南都地方에 使用할 수 있도록 John H Dorroh, Jr에 依하여 作成된 것이다.

c. 6時間 內의 降雨 強度 分布圖(Fig 3.21-5)를 使用하여 누적 폭우량을 時間別 流出比로써 算出한다. 이때에 時間 間격은 다음 表에서 보는 바와 같이 Tc 時間에 依하여 定할 것이며 Tc가 6時間 보다 훨씬 클 때는 설계 폭우 기간이 증가한다. 普通 ΔD는 Tc의 1/3 보다 길게 取하지 않도록 하여야 한다.

Tc(時間)	ΔD(時間)
1時間未備	0.5
1時間 "	0.5
3 "	1.0
6 "	1.0

上記 Fig 3.21-5의 Curve는 6時間 降雨分布圖에서 6時間 降雨量을 取하여 使用할 때 6時間 內에 最大 峰值를 주도록 확장시킨 것이다.

Curve A는 美 南西地方에 使用할 수 있도록 R. G. Andrews와 John H. Dorroh Jr에 依하여 作成된 것이며 Curve B는 一般적인 경우에 使用할 수 있도록 平均値를 取한 것이다. Curve C는 美 西部地方에 對하여 使用할 수 있도록 A. L. Sharp氏에 依하여 作成된 것이다. 6時間 降雨分布圖上에 어느 位置에 對한 Storm 形態와 實地 그 地域에서 體驗한 Storm 値와를 比較할 때는 平均 또는 Frequency Base로써 比較할 것이 아니라 Max. Base를 使用하여 比較할 것이다.

d. 構造物 上部 流域 內에 土性 및 地被 條件으로써 이루어진 水文學的 係數를 決定하여야 한다. 이 Soil cover Complex No 결정에 重大한 關係가 있는 Soil Group부터 說明 하고자 한다.

A. Group: 一때단히 적은 量의 silt와 粘土의 含有한 質은 砂層으로 部分的 혹은 층제적인 손실이 많아 流出이 적은 地層.

B. Group: 一大部分 A 보다는 적은 深度의 砂質土이며 손실이 A 보다는 적은 値를 가지나 完全 포화後에도 平均 以上의 滲透量을 갖는다.

C. Group: 一Shadow Soil과 Soil들이 Clay와 colloid를 含有하여 이루어진 것으로 D Group 보다는 훨씬 小量을 含有하고 있다. 이 Group는

完全 포화後 平均滲透量 보다 底位의 滲透量을 가진다.

D. Group : 一畝는 比率의 Clay 含有量을 가지고 있어 地表層이 거의 不滲透性이여서 最高의 流出 地域이다.

Curve No. 의 결정은 普通 다음 順序에 依하여 求한다.

1. 水理學的 Soil Group 의 分類는 地質學者에 依存할 것이며 Complex Watershed 以外의 watershed 에 있어서는 단 한 Soil Group 에 屬하게 된다.

2. 表 3.9-1의 第一 第二 第三項에 表示된 分類를 使用한다.

3. I-Curve No. 의 重量을 다음 例에서와 같이 計算한다.

Soil Group	Complex	Curve No	Area	No. x Acres
B 農地, Straight row	Good rotation	78	1860	145,080
B Meadow(perment)		58	72	4,176
B Pasture(good)		61	4.82	20,402
Total		2414		178,658

$$I\text{-Curve No 重量} = \frac{178,658}{2414} \approx 74$$

4. 萬一 III-Curve가 要求될 때는 table 3.10-1을 使用하여 얻을 수 있다.

Table 3.9-1 水理學的 土性 地被의 混性에 依한 流出曲線 No. Condition I. Ia=0.2s 때

Land use or cover	Treatment or practice	Hydrologic condition	Hydrologic soil group			
			A	B	C	D
Fallow	Straight row	—	77	86	91	94
Row crops	" "	Poor	72	81	88	91
	" "	Good	67	78	85	89
	Contoured	Poor	70	79	84	88
	" "	Good	65	75	82	86
	C. and T☆	Poor	66	74	80	82
	" "	Good	62	71	78	81
Small grains	Straight row	Poor	65	76	84	88
	" "	Good	63	75	83	87
	Contoured	Poor	63	74	82	85
	" "	Good	61	73	81	84

C. and T☆	Poor	61	72	79	82
"	Good	59	70	78	81
Legumes☆☆					
Straight row	Poor	66	77	85	89
or "	Good	58	72	81	85
rotation	Contoured	64	75	83	85
meadow	"	55	69	73	83
	C. and T☆	63	73	80	83
	"	51	67	76	80
Native					
pasture	Poor	68	79	86	89
or range	Fair	49	69	79	84
	Good	39	61	74	80
	Contoured	47	67	81	88
	"	25	59	75	83
	"	6	35	70	79
Meadow(permanent)	Good	30	58	71	78
Woods	Poor	45	66	77	83
(farm woodlots)	Fair	36	60	73	79
	Good	25	55	70	77
Farmsteads	—	59	74	82	86
Roads(dirt)☆☆☆	—	72	82	89	89
(hard surface)☆☆☆	—	74	84	90	92

☆ Contoured and terraced

☆☆ cross-drilled or broadcast

☆☆☆ including right-of-way

// table39-2

水理學的 土性 地被에 依한 流出曲線 番號

Part 1 山林에 있어 Condition II Ia=0.2(s)				
水理學的 條件에 等 級	Hydrologic soil group			
	A	B	C	D
1. (poorest)	56	75	86	91
2. (poor)	46	68	78	84
3. (Medium)	36	60	70	76
4. (Good)	26	52	62	69
5. (best)	15	44	54	61

HYDROLOGY: DESIGN STORM CHARACTERISTICS. Area and Time distribution

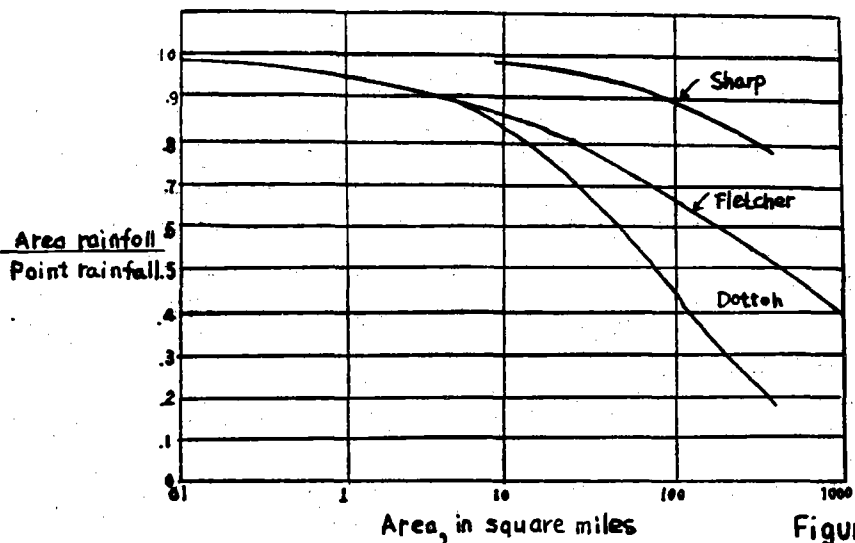


Figure 3.21-4

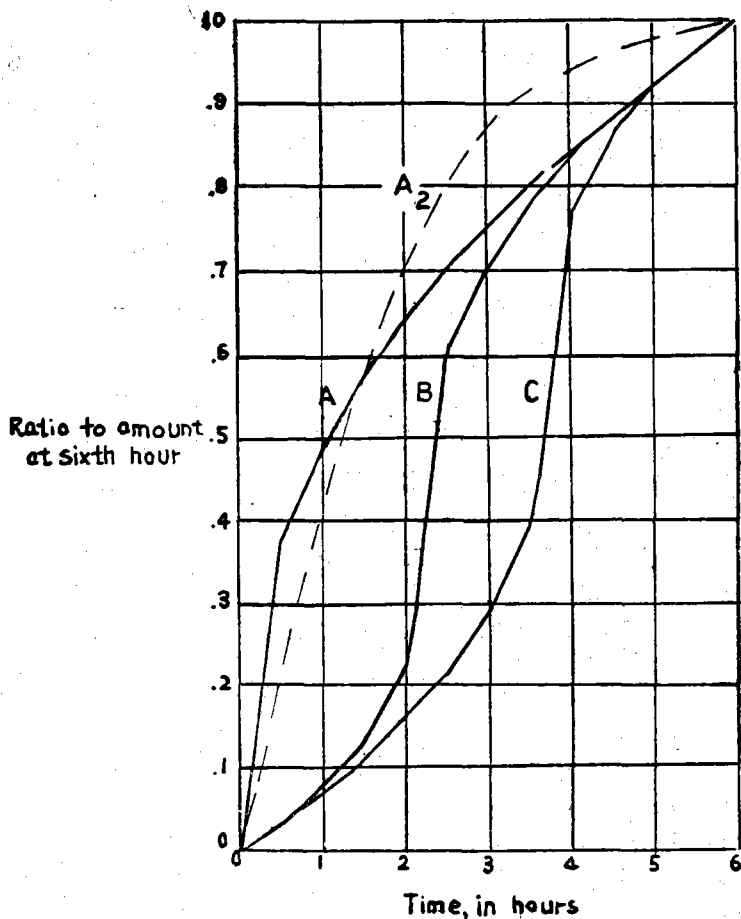


Figure 3.21-5

HYDROLOGY: SOLUTION OF RUNOFF EQUATION  $Q = \frac{(P-0.2S)^2}{P+0.8S}$

P = 0 to 12 inches  
Q = 0 to 8 inches

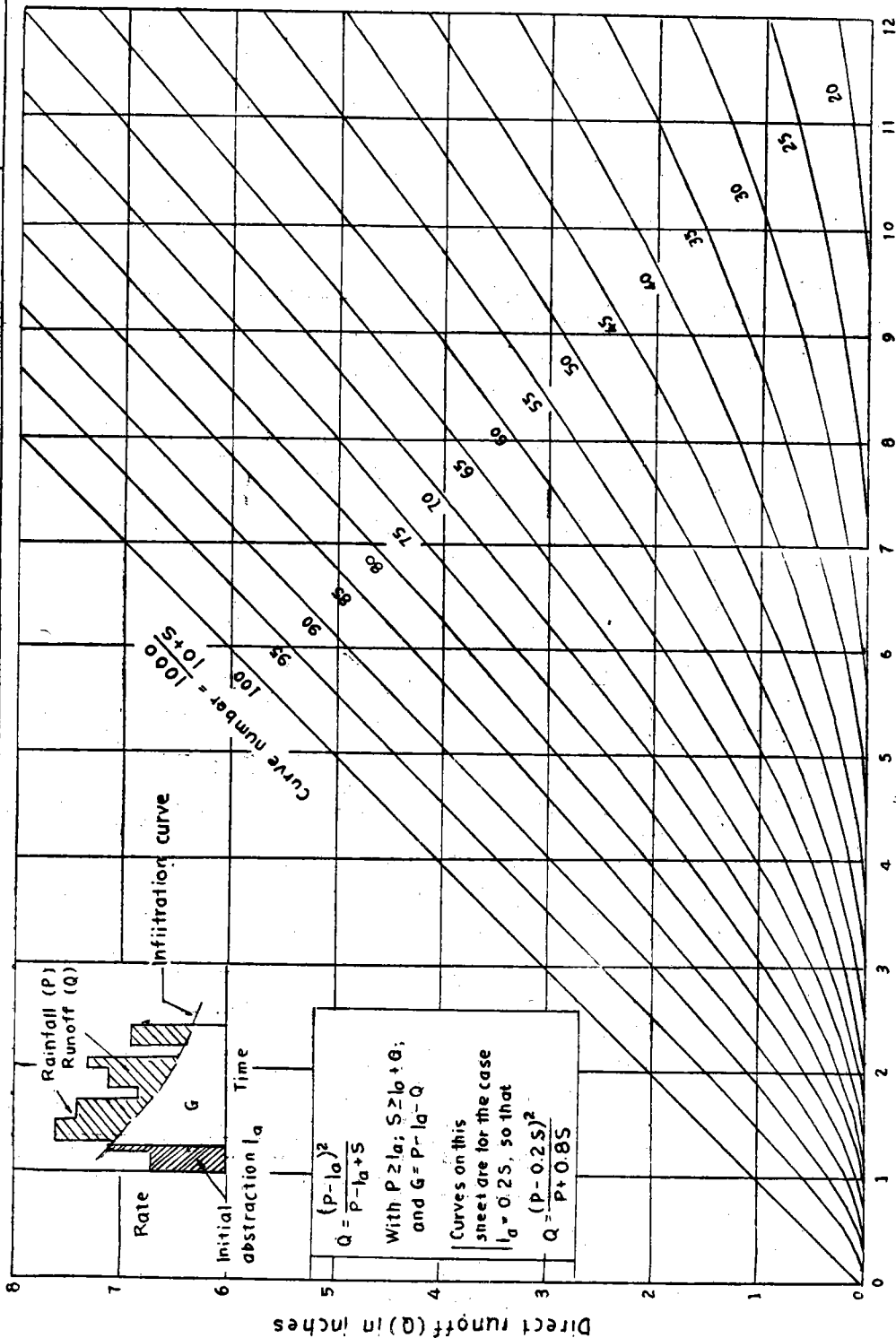


Figure 3.10-1 (of 2)

P=8 to 40 inches  
Q=0. to 40 inches

HYDROLOGY: SOLUTION OF RUNOFF EQUATION  $Q = \frac{P(0.29)^P}{P+0.85}$

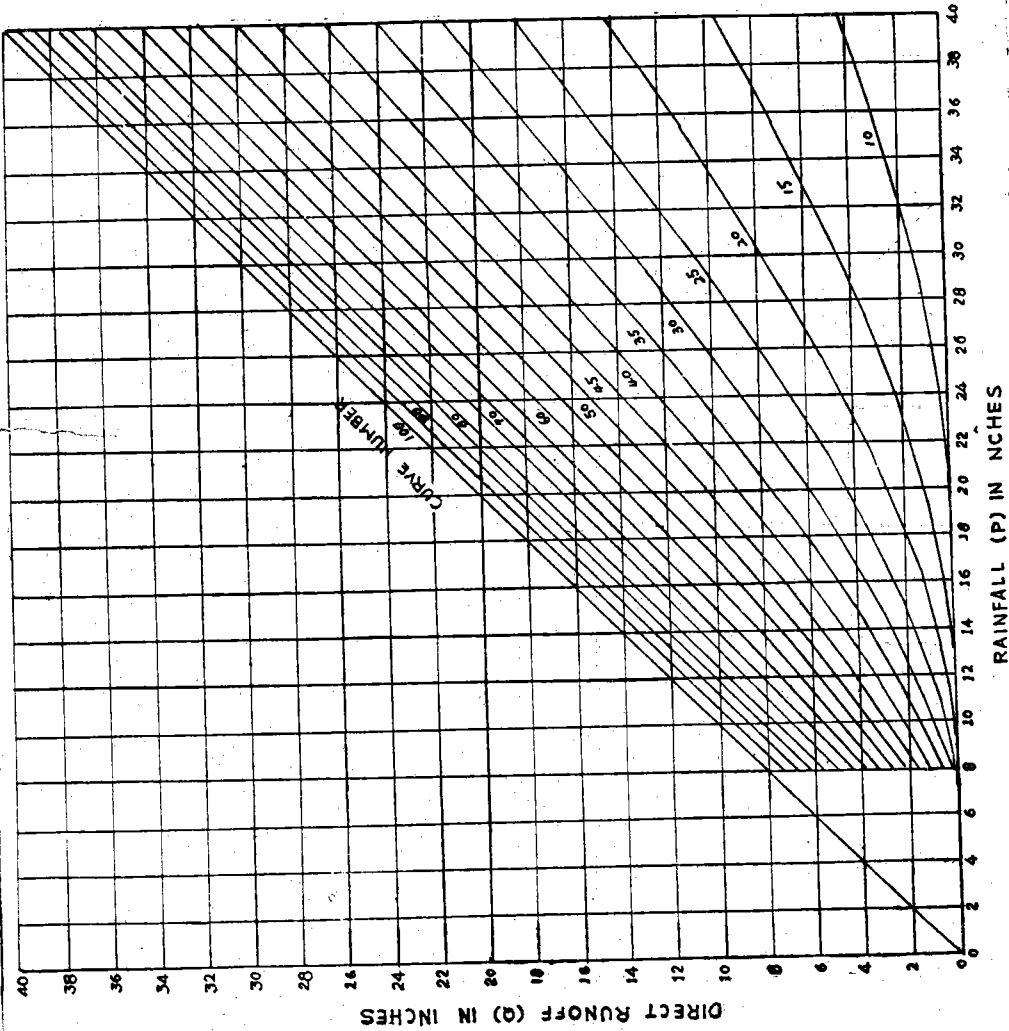


Figure 3.10-1  
(2 of 2)

Part II 美西部山林地帶

Condition III Ia=0.2(s) 때

Cover	Condition	Soil groups			
		A	B	C	D
Herbaceous	Poor		90	94	97
	Fair		84	92	95
	Good		77	86	93
Sagebrush	Poor		81	95	
	Fair		66	83	
	Good		55	66	
Oak-Aspen	Poor		80	86	
	Fair		60	73	
	Good		50	60	
Juniper	Poor		87	93	
	Fair		73	85	
	Good		60	77	

Forest Service에서 제공한것.

e. table 3.10-1의 기준을 사용하여 最初의 濕潤狀態에 依하여 流出曲線을 선정한다. 이 Curve No.와 S值와는 다음과 같은 관계가 있다.

$$\text{Curve No.} = \frac{1000}{S+10}$$

$$\text{or } S = \frac{1000}{\text{Curve No.}} - 10$$

table 3.10-1 參照

f. 다음 方程式 및 Fig 3.10-1에서 C項의 누적 강우량과 E項에서 선택한 流出曲線을 使用하여 누계 地表 流出量을 算出한다. 이 方程式은 水文學 指針 Section 3.10에서 取한 것이다.

Table 3.10-1 Conversions and constants.

For the Case: Ia=0.2(s)

Curve number for Condition I	Corresponding Curve numbers for Condition III	S Values	Curve★ originates Where P=
100	100	0	0
95	87	99	526
90	78	98	1.11
85	70	97	1.76
80	63	94	2.50
75	57	91	3.33
70	51	87	4.29
65	45	83	5.38
60	40	79	6.67

55	35	75	8.18	1.64
50	31	70	10.00	2.00
45	27	65	12.2	2.44
40	23	60	15.0	3.00
35	19	55	18.6	3.72
30	15	50	23.3	4.66
25	12	45	30.0	6.00
20	9	39	40.0	8.00
15	7	33	56.7	11.34
10	4	26	90.0	18.00
5	2	17	190.0	38.00
0	0	0	infinity	infinity

☆For Curve number in column I

$$Q = \frac{(p-0.2s)^2}{(p+0.8s)}$$

여기서 Q: 表面 流出量 (in)

P: 暴雨 (in)

S: 폭우 始點에 있어 P와 Q 사이에 最高位의 差 (in)

上記의 결과를 圖表化 한것이 Fig 3.10--1이다.

上記 Curve 들은 Zero point에서 始作한 것이 아니며 Curve No.가 적으면 적을수록 降雨 始點과 流出 始點과의 時間이 길어진다. 一般的으로 流出은 어느 時間 增加 內에서 일어 나는 것이기 때문에 ΔD를 充分히 적게 取함으로써 最初의 三角形 Hydrograph에 있어 쓰기는 오차는 極히 적게된다.

g. 누적 流出量으로부터 等時間 간격에 對한 表面 流出量의 增加를 求할 것이다.

h. 構造物 上部 流域에 對한 Hydrograph의 最高值에 도달되는 時間 T<sub>1</sub>와 最低가 되는 時間 T<sub>2</sub>는 G項에서 選정한 等時間 間隔, 集水 時間을 다음 2個 方程式에 代入함으로써 求할 수가 있다.

Section 3.16의 16式은 다음과 같다.

$$T_1 = \frac{D}{2} + 0.6T_c \dots\dots\dots(16)$$

여기서 T<sub>1</sub>: 始點으로부터 最高點까지의 時間

D: 폭우로 인하여 流出을내는 期間 (時間)

T<sub>c</sub>: 集水 時間

Section 3.16의 19式은 다음과 같다.



$$T_p = 2.67 T_p \dots\dots\dots(19)$$

여기서  $T_p$ : Hydrograph 最終 時間

i. G項의 各 流出 增加에 對한 三角形 Hydrograph의 最高率의 計算은 Section 3.6의 11式을 使用한다.

Section 3.16의 11式은 다음과 같다.

$$Q_x = \frac{483 \cdot A \cdot Q}{D/2 + 0.6T_c} \dots\dots\dots(11)$$

여기서  $q$ : peak rate (cfs)

A: 流域面積(平方哩)

Q: 流出量 (in)

D: 時間間隔

Tc: 集水時間

上記 11式을 다음과 같이 變形하여 使用할 때 도 있다.

$$q_x = \frac{483 \cdot A \cdot Q}{T_p} (\because T_p = \frac{D}{2} + 0.6T_c)$$

j. 普通의 座標 用紙에 增加되는 各各의 三角形 Unit graph를 그린다.

k. j項에서 그린 hydrograph를 合하여 設計에 使用되는 洪水量을 얻을 수가 있다.

例題(普通條件)

洪水量을 計算 하는에는 다음의 材料를 使用하여 求할 수가 있다.

位置 道, 郡 北緯 度

流域面積 1.86平方哩

土性 地被의 水文學的 番號

condition III=82

流達時間 1.25時間

(1) 降雨分布圖에서 그 位置에 該當되는 6時間 地點 降雨量을 求하면 13 inch이다.

(2) Fig 3.21-4의 "fletcher" Curve가 그 位置에 適合함으로 이를 使用하여 1.86平方哩 流域에 對한 6時間 降雨量으로 수정한다.

$$0.94 \times 13 = 12.2(\text{in})$$

(3) Fig 3.21-5의 Curve B가 이 位置에 適合함으로 이 Curve를 使用한다. 이때의 時間 間隔은  $\Delta D = 0.5$  時間을 取했음.

(4) Condition II에 있어 土性 地被 水文의 番號는 table 3.9-1과 流域에 알맞는 材料를 取扱하여 計算함으로써 64를 얻었다.

(5) 이 流域은 Condition III가 適當함으로 table 3.10-1을 使用하여 Condition III로 變更시킨 Curve No.는 82이다.

(6) Curve No. 82를 使用하여 다음 計算表의 2項과 누가 表面 流出量을 가지고 3項을 求할 수 있다.

(7) 計算表 3項을 使用하여 第4項을 計算한다.

(8)  $T_p$ 는 Section 3.16의 16式을  $T_b$ 는 19式을 使用하여 計算한다.

$$T_p = \frac{D}{2} + 0.6T_c = \frac{0.5}{2} + 0.6(1.25) =$$

1.00時間

$$T_b = 2.67 T_p = 2.67 \times 1.00 = 2.67時間$$

(9) 1" 流出에 對한 最高 比率은  $Q_x = \frac{483 \cdot A \cdot Q}{T_p}$  式을 使用한다.

$$Q_x = \frac{483 \times 1.86 \times 1}{1.00} = 898 \text{ cfs}$$

(10) 이 경우에 있어 增加 流出에 對한 hydrograph의 時間을 計算한다. 그리고 Fig 3.21-6에서 보는 바와 같이 三角形 Hydrograph를 그린다.

(11) 個個의 Hydrograph를 圖에서와 같이 合成하여 合成 Hydrograph를 얻을 수가 있다. 上記 各項을 綜合하여 table化 하면 다음과 같다.

設計 洪水量의 간단한 計算

流域과 Storm 材料

$$A = 1.86 \text{ m}^2 \text{ le} \quad \Delta D = 0.5(\text{時間})$$

$$T_c = 1.25(\text{時間}) \quad T_p = 1.00( // )$$

$$III = C. \text{ No. } 82 \quad T_b = 2.7( // )$$

$$P = 13' \quad Q_x = 898 \text{ cfs}$$

$$\text{수정강우량} = 12.2 \text{ in}$$

HYDROLOGY: DESIGN STORM CHARACTERISTICS. Area and Time distribution

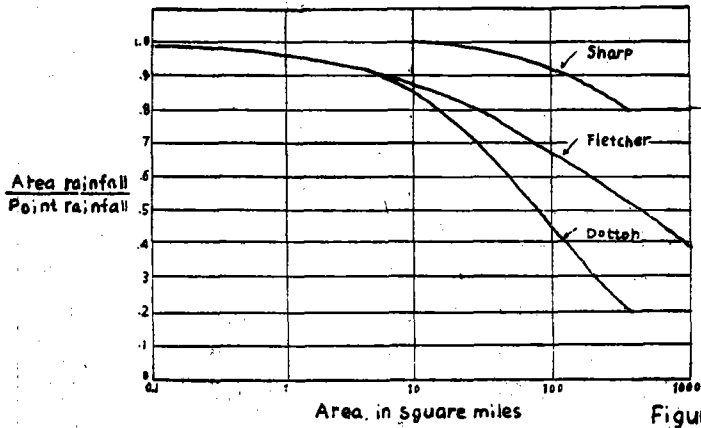


Figure 3.21-4

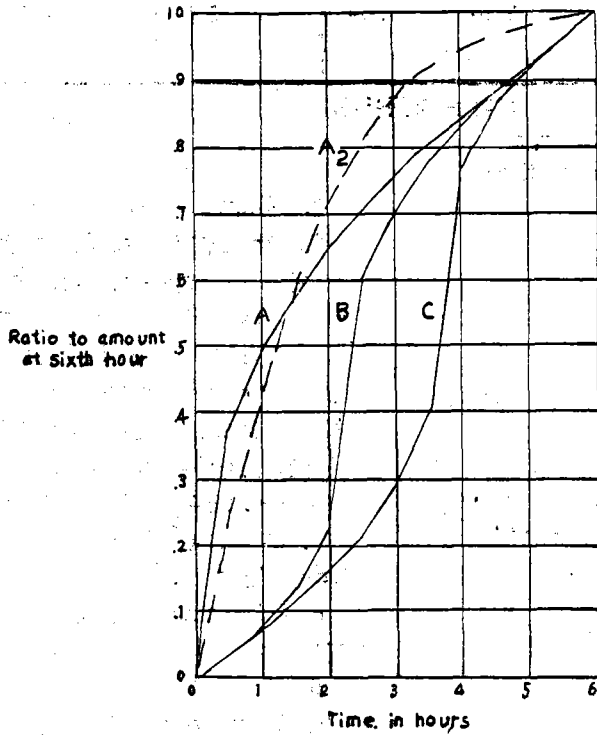
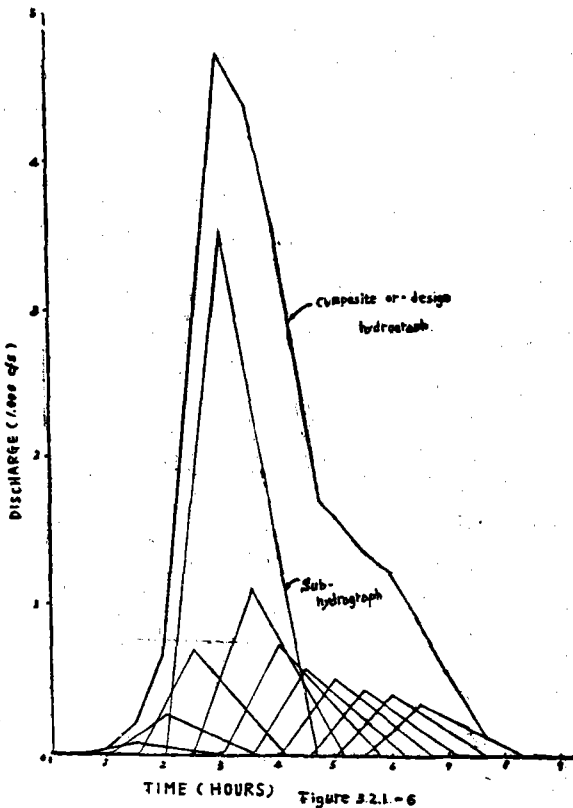


Figure 3.21-5

Subhydrograph의 Peak rate 計算

Time (h)	Accp (in)	AccQ (in)	ΔQ (in)	898(QΔ) (cfs)	時 間		
					Starting time 1/ /	peak time 2/ /	Ending time 3/ /
0	0	0	0.00	0.00	0	1.0	2.7
0.5	0.43	0	0.09	81	0.5	1.5	3.2
1.0	0.95	0.09	0.31	278	1.0	2.0	3.7
1.5	1.65	0.4	0.81	727	1.5	2.5	4.2
2.0	2.80	1.21	3.97	3560	2.0	3.0	4.7
2.5	7.32	5.18	1.26	1130	2.5	3.5	5.2
3.0	8.60	6.44	0.84	755	3.0	4.0	5.7
3.5	9.50	7.28	0.68	911	3.5	4.5	6.2
4.0	10.20	7.96	0.59	530	4.0	5.0	6.7
4.5	10.80	8.55	0.50	449	4.5	5.5	7.2
5.0	11.30	9.05	0.48	431	5.0	6.0	7.7
5.5	11.80	9.53	0.40	359	5.5	6.5	8.2
6.0	12.20	9.93					

- 1) 始作時間은 各流出 增加가 始作되는 時間이다.
- 2) peak time =  $T_p + \text{Starting time}$
- 3) ending time =  $T_b + \text{Starting time}$



I. Complex watershed

構造物 上部 流域에 Soil 植物 地勢等に 있어 그 差가 큰 比率을 가질때, 流域 한 部分에 集中 되어 있을때 또는 그 流域 下流部에 아주 가깝게 分布 되어 있어 Hydrograph의 強力한 영향을 줄 때는 그 影響을 설계 洪水量 計算에 取扱하지 않으면 안된다. 이때에는 流域을 分割하여 行하여야하며 그 取扱은 다음과 같다.

- a. 둘 以上の 流域으로 分割한다.
- b. 各 分割된 流域에 對한 面積과 集水 時間  $T_c$ 를 決定한다.
- c. Subwatershed에 對한 Subhydrograph를 計算한다.
- d. 여러 個의 Subhydrograph를 作圖한다.
- e. Subhydrograph를 合하여 Complex hydrograph를 求한다.

例題

Table 3.16-4

Complex Design-storm hydrograph의 計算例

Item	Unit	Subwatershed	
		Entire watershed	I I
A.	sq mille	6.3	3.15 3.15

Design Hydrograph에 대한 小考

Tc	hours	5.8	5.8(Atoc)	4.20(Dtoc)	Tp	"	-	4.0	3.0
NC	numbe	-	92	88	Tb	"	-	10.7	8.0
P	in	13.3	-	-	Qx	cfs	-	381	507
Hed, pl)	in	11.9	11.9	11.9	Tt 2)	hours	-	4.0( $\beta$ . to. c)	-
$\Delta D$	houn	-	1.0	1.0	Ts 3)	"	-	2.0	-

Subhydrograph peak의 計算

Time (h)	Accp (in)	Subwatershed I			Subwatershed II			ReM
		Acc Q (in)	$\Delta Q$ (in)	381( $\Delta Q$ ) cfs	Acc Q (in)	$\Delta Q$ (in)	507( $\Delta Q$ ) cfs	
0	0	0	0.35	133	0	0.20	102	
1	0.95	0.35	1.60	610	0.2	1.40	710	
2	2.75	1.95	5.50	2095	1.60	5.35	2710	
3	8.40	7.45	1.55	590	6.95	1.60	812	
4	9.95	9.00	1.00	318	8.55	1.00	507	
5	11.00	10.00	0.90	343	9.55	0.90	457	
6	11.90	10.90			10.45			

1) Fig 3.21-4의 Fletcher Curve 使用

3) 유달時間

3) Setback time = 유달 시간의  $1/2$

II. 大流域

大流域으로 6時間 보다 더 큰 流達 時間을 가지는 流域에 있어서는 다음과 같이 變更 措施를 하여야 한다.

(1) 設計 Storm의 期間을 增加시킨다. 普通 Tc와 같게 取하고 있다. 다음 例題에서는 20時間을 取했다.

(2) 6時間 누적 강우 Curve를 새로운 期間으로 수정한다.

(3) Total storm rainfall를 table 3.21-2를 使用하여 增加시킬 것.

table 3.21-2

design storm 확창에 使用되는 關係

Duration(hour)	constant
7	1,026
8	1,121
9	1,176
10	1,227
11	1,274
12	1,320
14	1,402
16	1,481

18	1,552
20	1,619
22	1,682
24	1,741
28	1,852
32	1,952
36	2,048

(4) 時間 增加  $\Delta D$ 를 크게 取할 것이다. 一般的으로 大端히 적은 流域을 除外하고는 Tc의  $1/2$  보다 크게 取해서는 않된다. 다음 例題에서는 4時間으로 取했음.

Example

6時間보다 더 큰 Tc를 가지는 流域에 있어 design hydrograph의 計算

流域과 Storm 材料

A=100sq. mile  $\Delta D=4.0$  hours

Tc=20 hours Tp=14.2 "

NC=C. No. =80 Tb=38.0 "

P=8.5in(時間) Qx=3400 cfs

1次 수정 P=5.7 (Fig 3.21-4의 Fletcher Curve 使用)

2 " P=9.25 (table 3.21-2 使用)

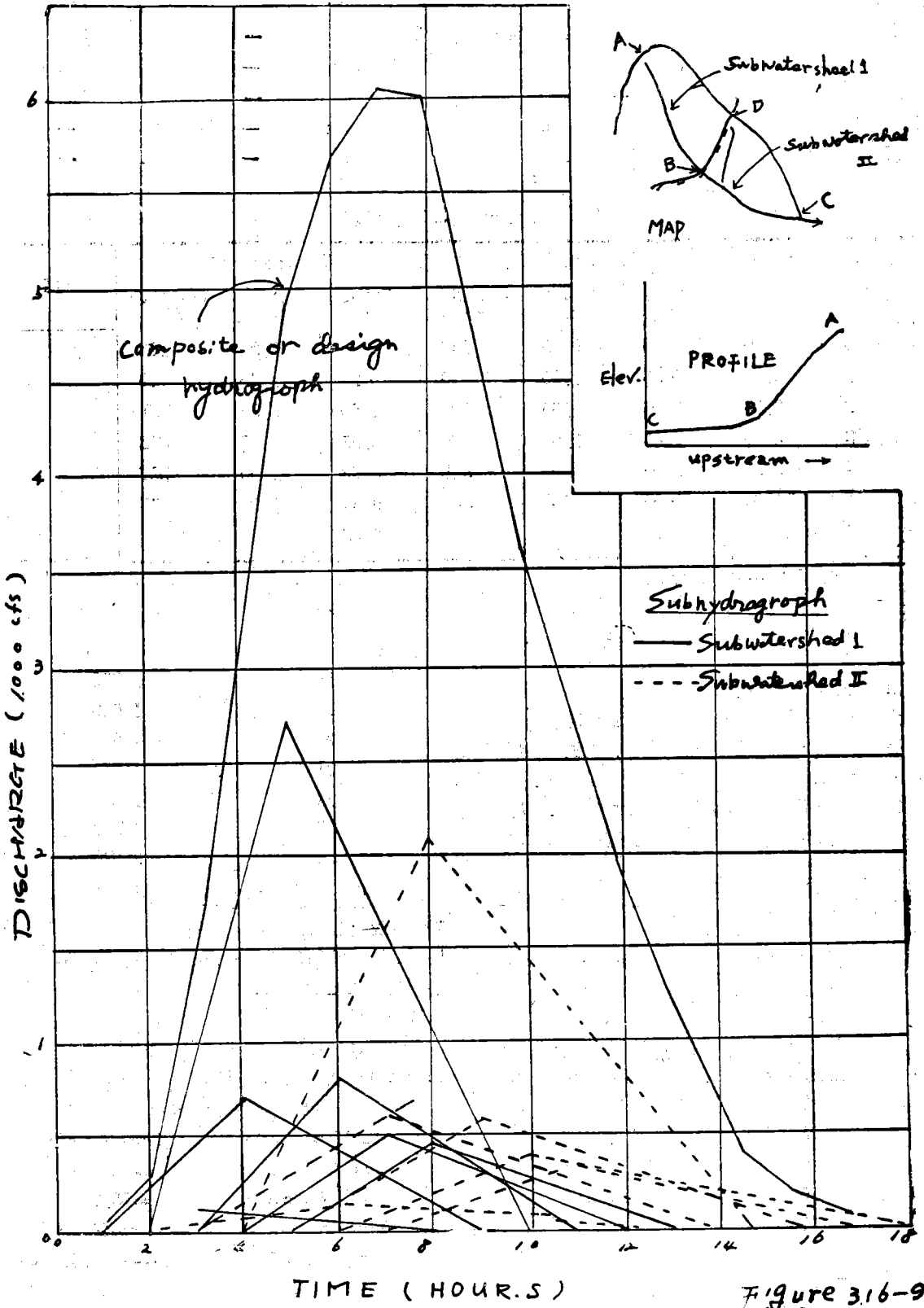


Figure 316-9

Subhydrograph peak 의 計算

time (h)	Fig 3.21-5 의 平均時間 (h)	第二項의 時 間에 對한 Fig 3.21-5 에서 求한 值	Acc P (in) · 2)	Acc Q (in)	$\Delta Q$ (in)	$3400(\Delta Q)$ (cfs)
0	0	0	0	0	0.06	200
4	1.2	0.10	0.92	0.06	2.65	9010
8	2.4	0.52	4.81	2.71	2.29	7780
12	3.6	0.79	7.31	5.00	1.03	3500
16	4.8	0.91	8.42	6.03	0.79	2690
20	6.0	1.00	9.25	6.82		

1) Fletcher Curve 使用

2) Cloumn 3 times 9.25

一般的으로 Storm型 Runoff Curve와 流達時  
間은 hydrograph 形態를 支配하고 강우의 和,

流出 Curve 그리고 流域의 크기는 hydrograph量  
을 支配한다. (筆者; 水聯本會 企劃課 勤務)