



#### บทที่ 4

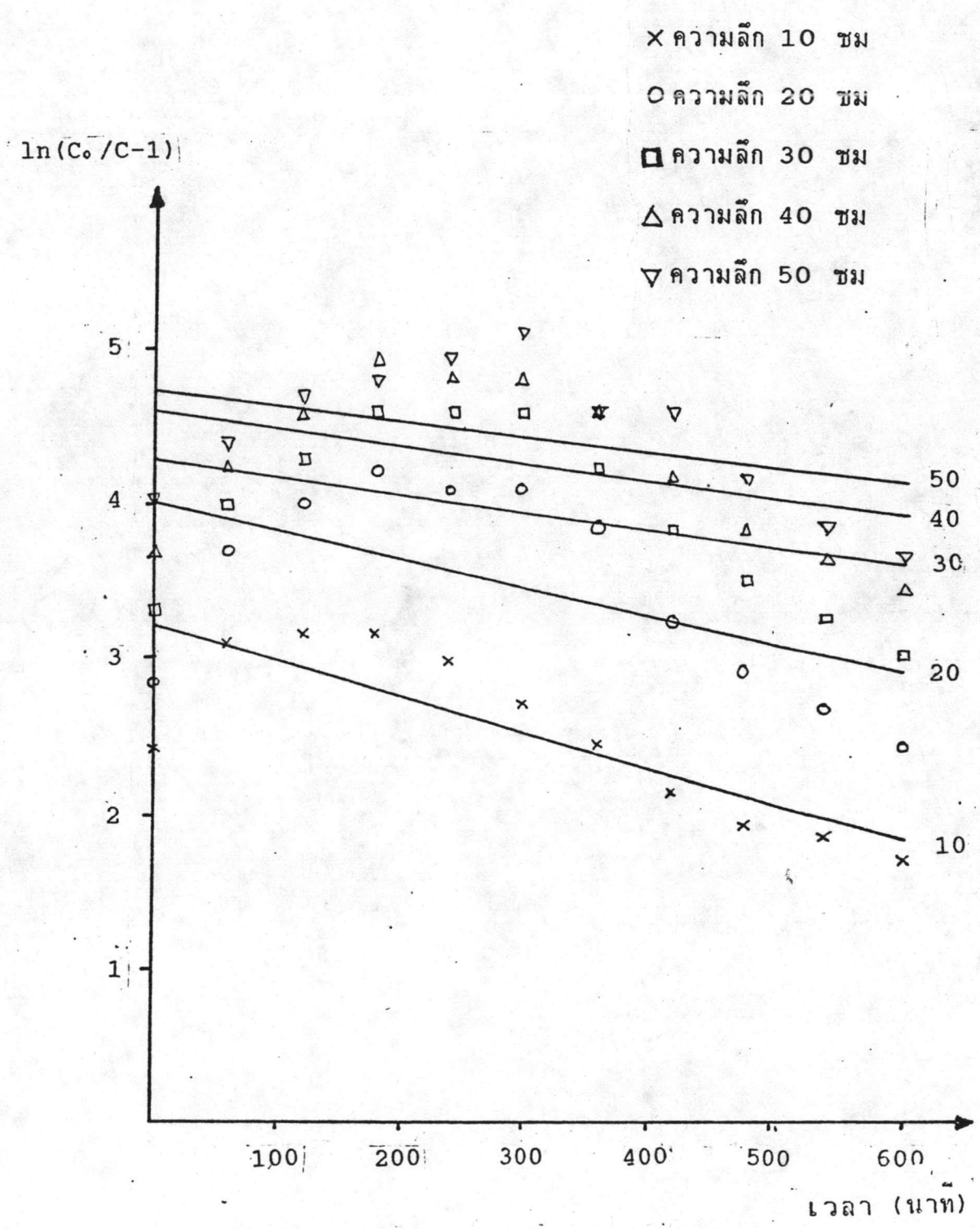
### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 4.1 การศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ของเครื่องกรองระหว่างความเข้มข้นของความชื้นที่เวลาต่าง ๆ

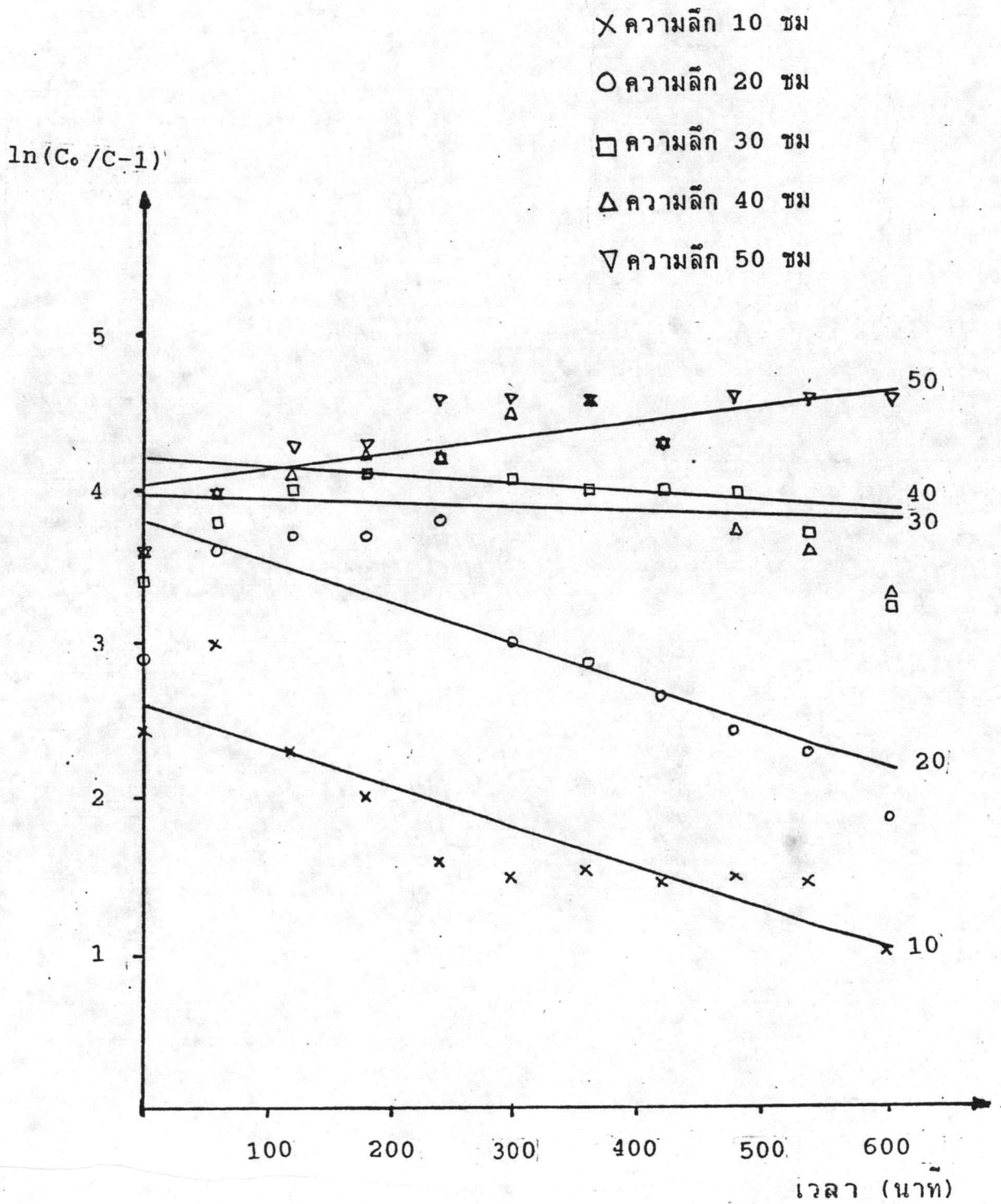
จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกรองกับระยะเวลาของ Bohart-Adam ตามสมการที่ 2.3.9.3 จะได้

$$\ln(C_0/C-1) = K_a N_0 L - K_a C_0 t$$

จากผลการทดลองที่ 1-7 สามารถเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $\ln(C_0/C-1)$  กับ  $t$  ได้ดังรูปที่ 4.1-4.7 จากกราฟสามารถหาค่า  $K_a N_0 L/V$  และค่า  $K_a C_0$  ได้จากการหาสมการถดถอยระหว่าง  $\ln(C_0/C-1)$  กับค่า  $t$  (ตามสมการ 2.3.9.3) ดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 ข้างล่าง



รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $\ln(C_0/C-1)$  กับ  $t$  ของชั้น  
 ความลึกต่าง ๆ โดยมีค่า  $C_0 = 30 \text{ NTU}$  ,  $V = 3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-ชม}$



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $\ln(C_0/C-1)$  กับ  $t$  ของชั้น  
 ต่อกวางระดับต่าง ๆ โดยมีค่า  $C_0 = 30 \text{ NTU}$  ,  $V = 4.5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-ชม}$

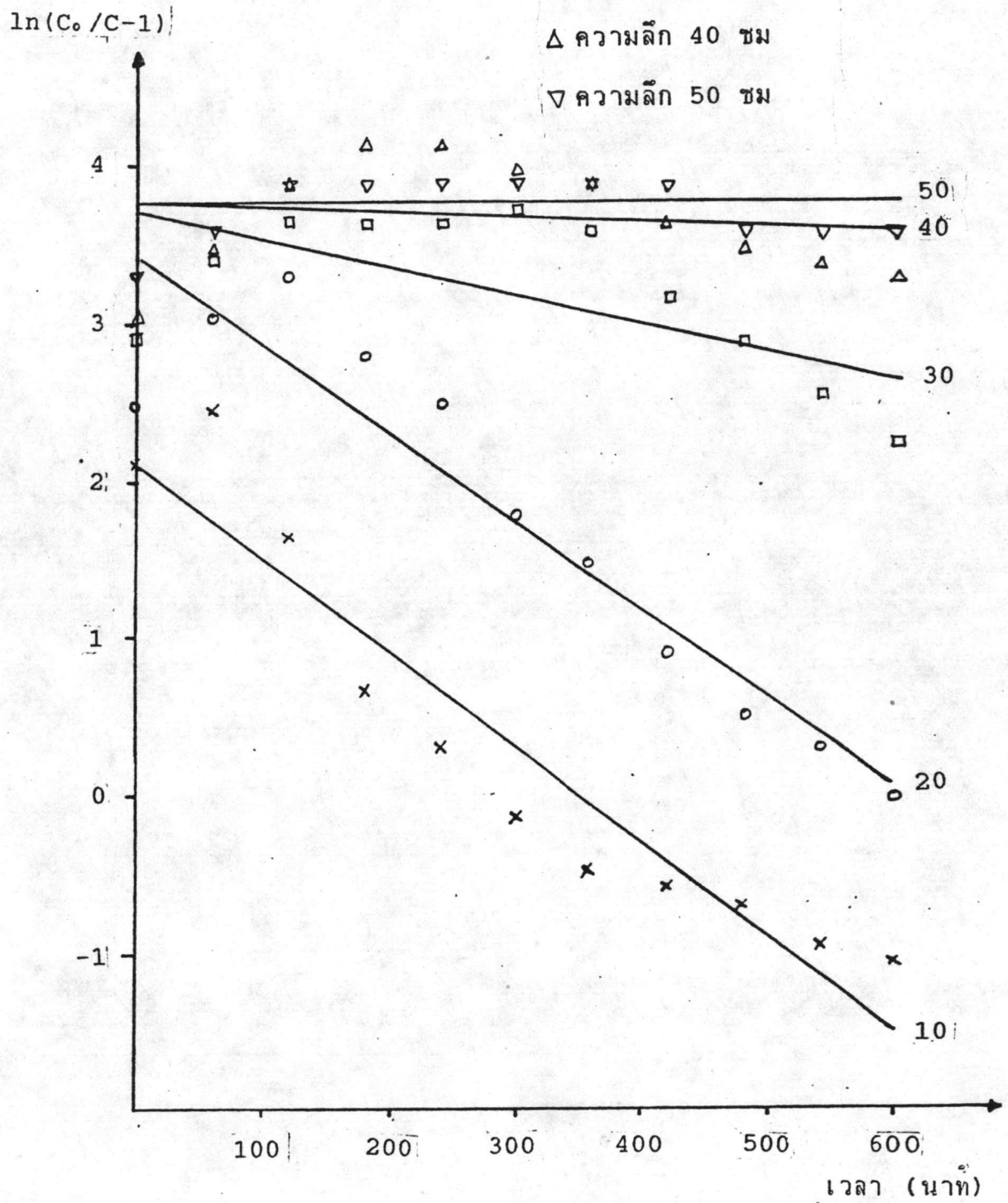
× ความลึก 10 ซม

○ ความลึก 20 ซม

□ ความลึก 30 ซม

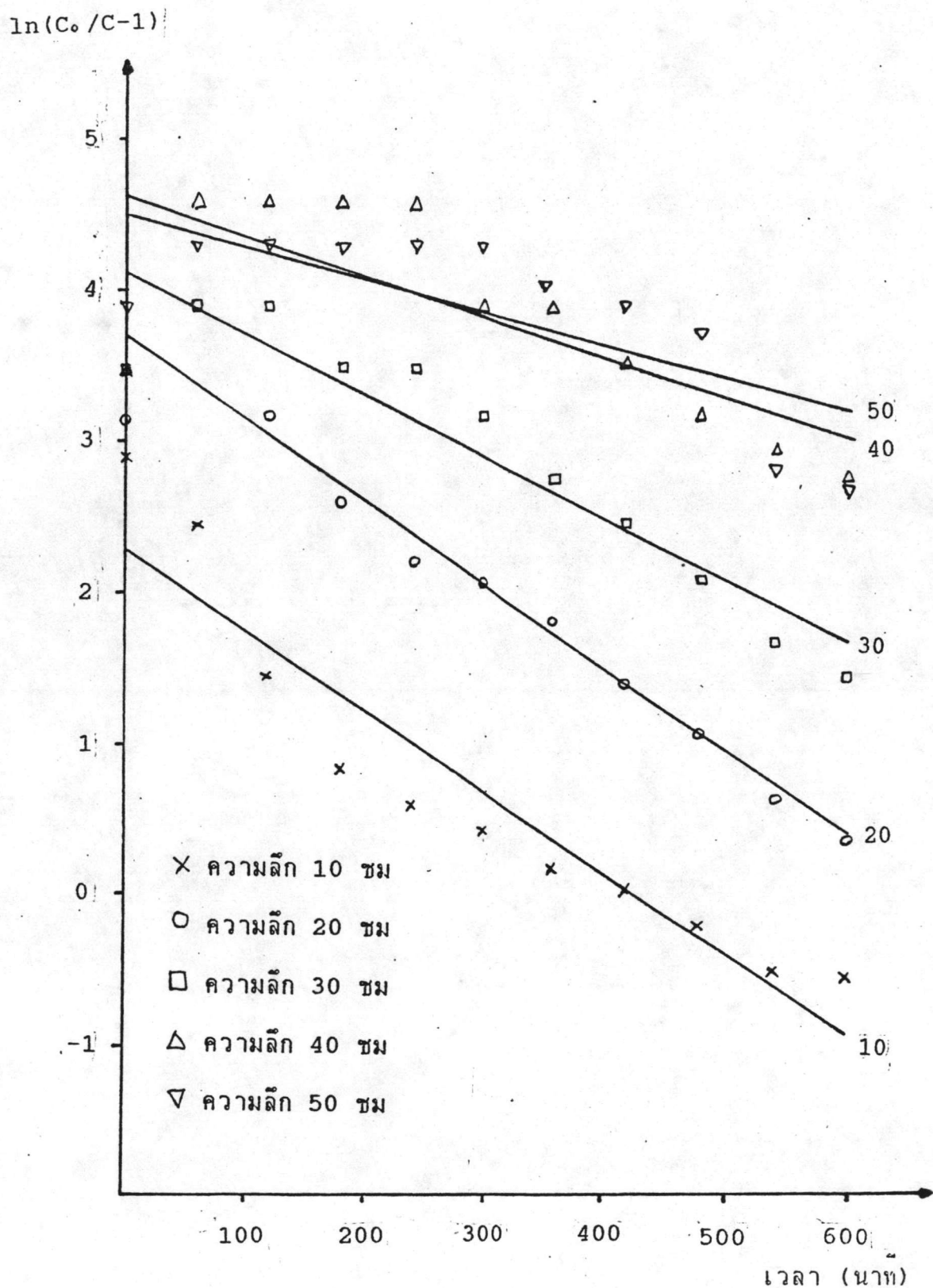
△ ความลึก 40 ซม

▽ ความลึก 50 ซม



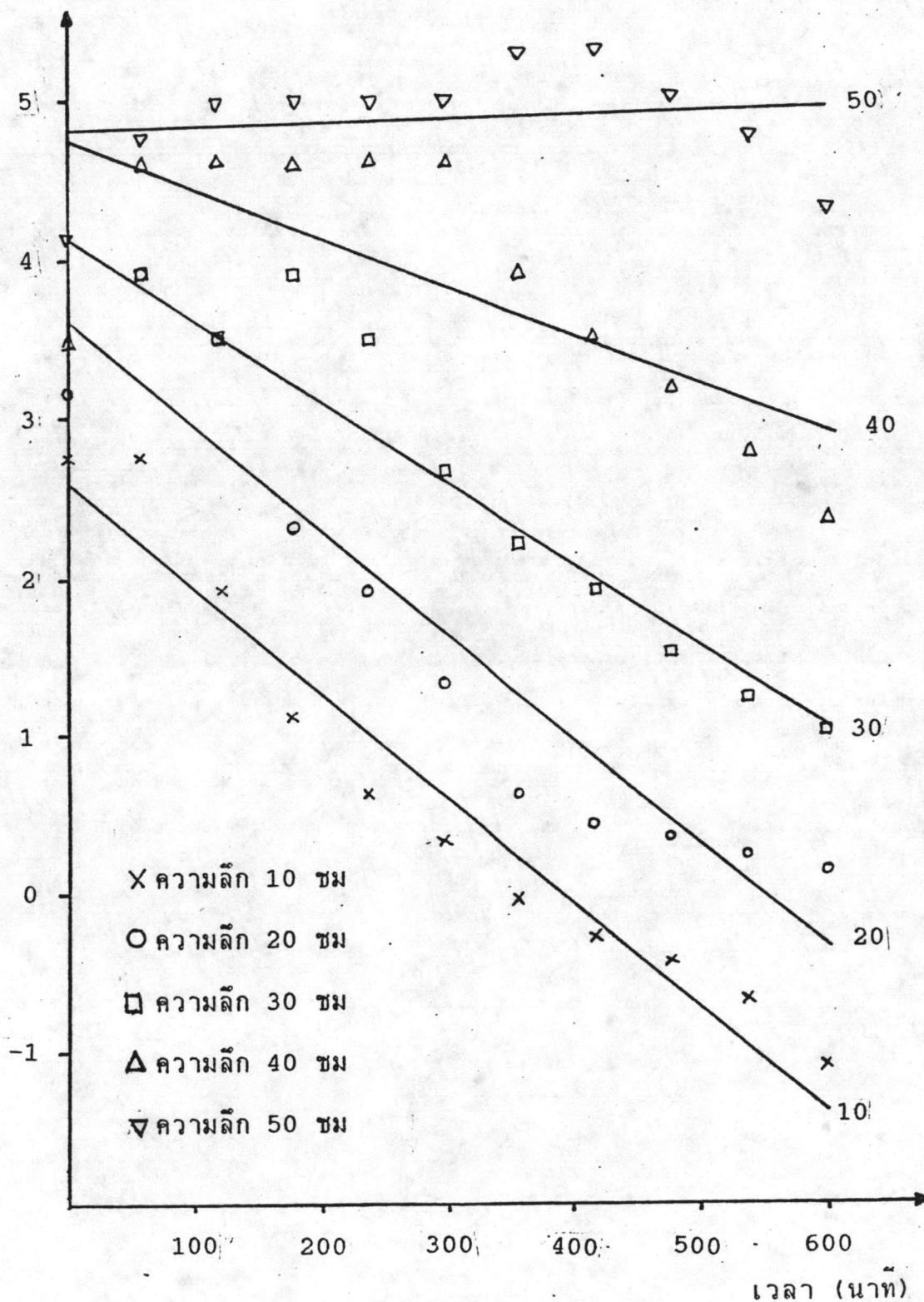
รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $\ln(C_0/C-1)$  กับ  $t$  ของชั้น  
ตัวกลางระกบต่าง ๆ โดยมีค่า  $C_0 = 30$  NTU ,  $V = 6$  ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-ชม



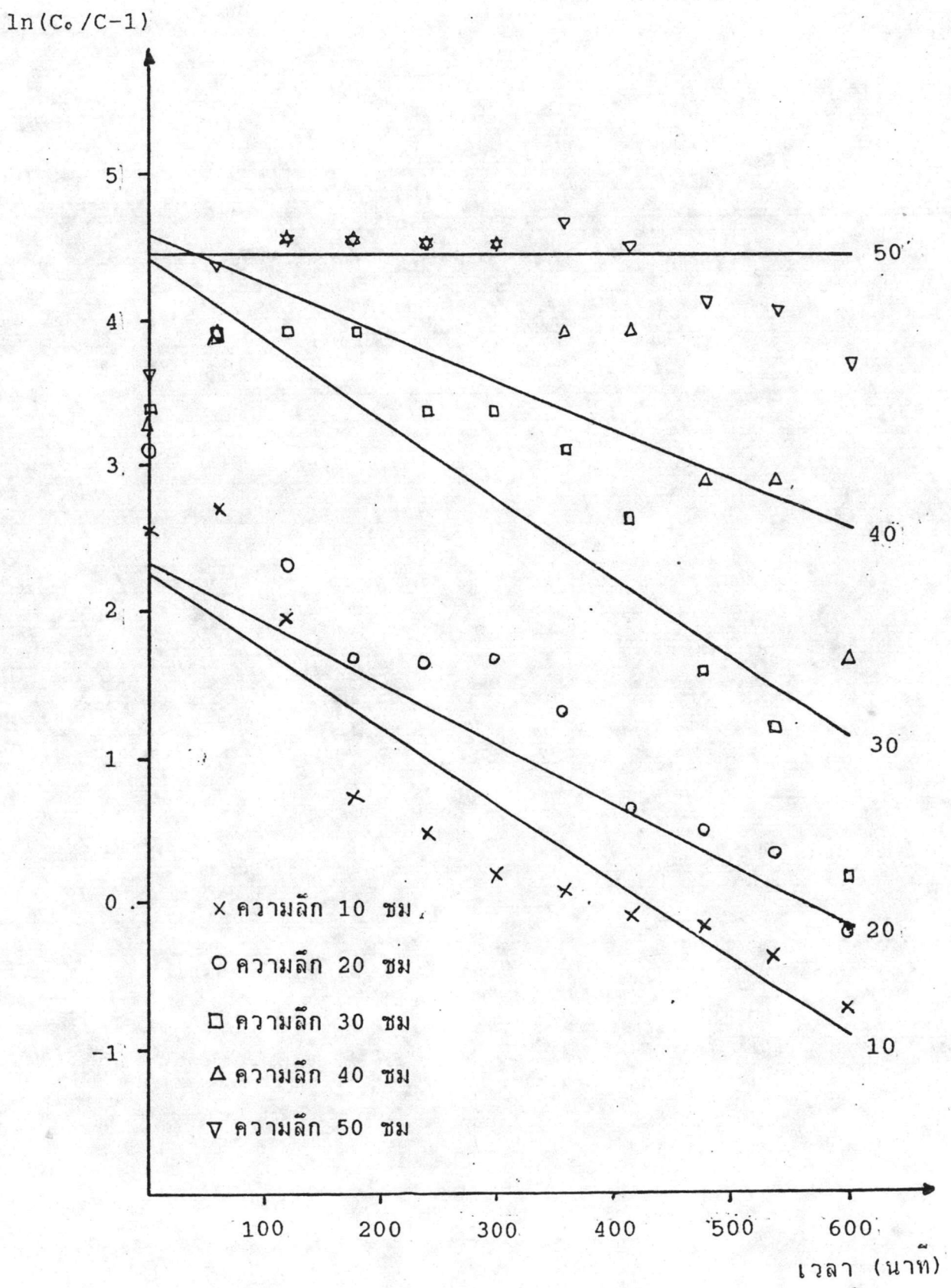


รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $\ln(C_0/C-1)$  กับ  $t$  ของชั้น  
 คั่วกลางระดับต่าง ๆ โดยมีค่า  $C_0 = 30$  NTU ,  $V = 7.5$   $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-ชม}$

$\ln(C_0/C-1)$

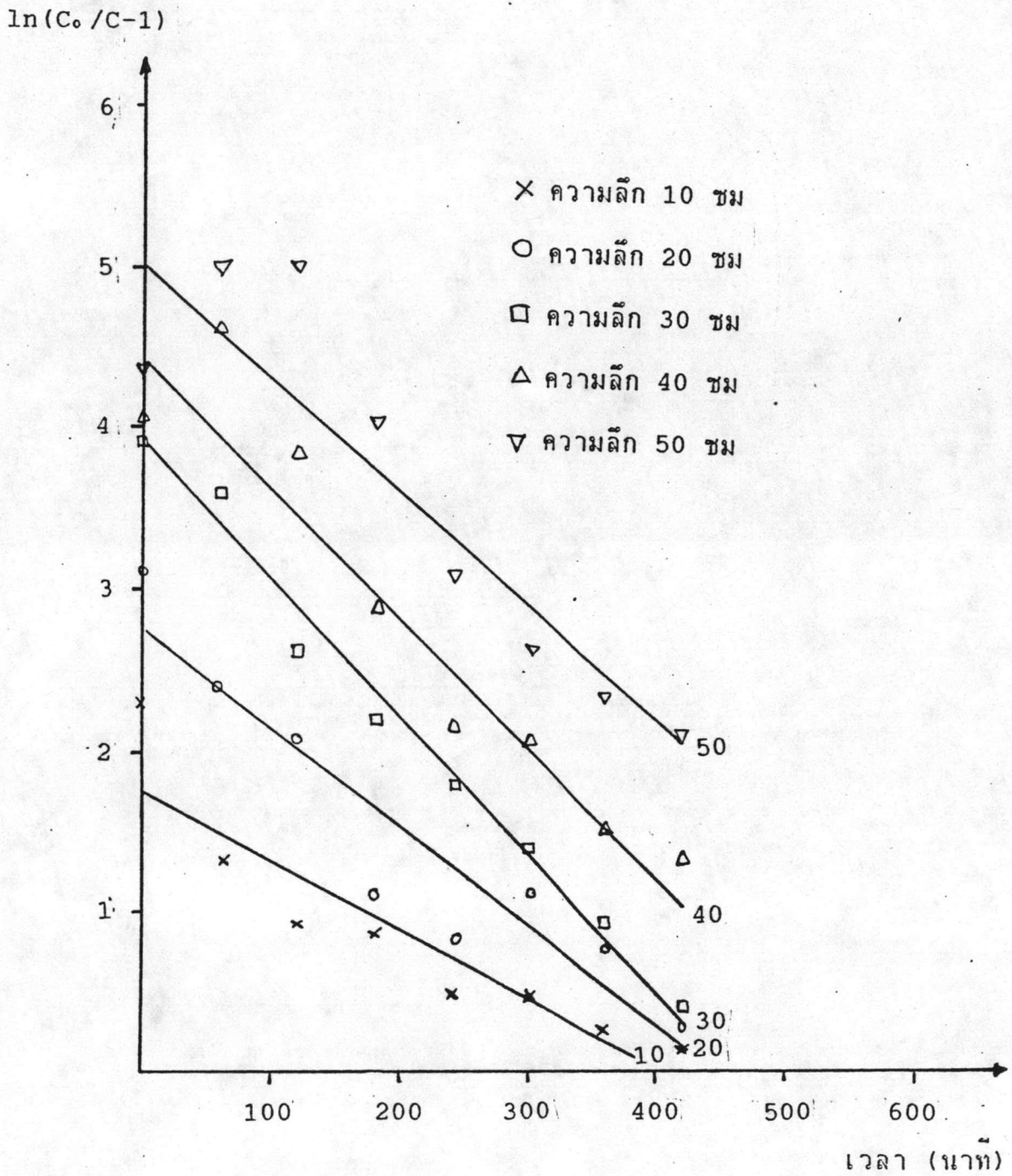


รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $\ln(C_0/C-1)$  กับ  $t$  ของชั้น  
 ตกต่างระดับต่าง ๆ โดยมีค่า  $C_0 = 60 \text{ NTU}$  ,  $V = 4.5 \text{ ม}^3/\text{ม}^2\text{-ชม}$



รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $\ln(C_0/C-1)$  กับ  $t$  ของชั้น  
ความหนาต่าง ๆ โดยมีค่า  $C_0 = 60 \text{ NTU}$  ,  $V = 6 \text{ ม}^3/\text{ม}^2\text{-ชม}$





รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $\ln(C_0/C-1)$  กับ  $t$  ของชั้น  
 คั่วกลางระดับต่าง ๆ โดยมีค่า  $C_0 = 60$  NTU ,  $V = 9$  ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-ชม



C <sub>0</sub> (NTU)	ความลึก (ซม)	K <sub>a</sub> N <sub>0</sub> L/V					หมายเหตุ
		อัตราการกรอง (ม <sup>3</sup> /ม <sup>2</sup> -ชม)					
		3	4.5	6	7.5	9	
30	10	3.208	2.602	2.168	2.314		
	20	4.028	3.792	3.432	3.688		
	30	4.331	3.955	3.687	4.403		
	40	4.573	4.169	3.588	4.403		
	50	4.851	3.958	3.658	4.306		
60	10		2.553	2.365		1.778	
	20		3.740	2.378		2.724	
	30		4.718	4.487		3.902	
	40		4.718	4.363		4.933	
	50		4.799	4.224		5.314	

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า K<sub>a</sub> N<sub>0</sub> L/V ของเครื่องกรองทราย  
(การทดลองที่ 1-7) ที่อัตราการกรอง 3, 4.5, 6, 7.5 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-ชม

C <sub>o</sub> (NTU)	ความลึก (ซม)	-K <sub>a</sub> C <sub>o</sub> *10 <sup>-3</sup>					หมายเหตุ
		อัตราการกรอง (ม <sup>3</sup> /ม <sup>2</sup> -ชม)					
		3	4.5	6	7.5	9	
30	10	-3.58	-4.07	-4.37	-4.46		
	20	-2.31	-4.17	-3.98	-3.88		
	30	-2.13	-1.94	-2.33	-3.49		
	40	-1.84	-2.23	-1.65	-3.88		
	50	-1.84	-2.04	-1.65	-2.81		
60	10		-6.79	-7.18		-8.15	
	20		-6.12	-6.40		-7.95	
	30		-5.82	-5.82		-7.76	
	40		-4.85	-6.21		-6.21	
	50		-5.63	-6.21		-6.79	

ตารางที่ 4.2 แสดงค่า -K<sub>a</sub> C<sub>o</sub> ของเครื่องกรองทราย  
(การทดลองที่ 1-7) ที่อัตราการกรอง 3, 4.5, 6, 7.5 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-ชม

จากตารางที่ 4.2 สามารถหาค่า  $K_a$  โดยที่  $C_0 = 97 \text{ mg/l}$  และ  $194 \text{ mg/l}$  โดยเทียบกับค่าความขุ่น (NTU) ที่แสดงรูปที่ 3.1

$C_0$ (NTU)	ความลึก (ซม)	$K_a \times 10^{-5}$					ค่าเฉลี่ย
		อัตราการกรอง ( $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-ชม}$ )					
		3	4.5	6	7.5	9	
30	10	3.70	4.20	4.50	4.60	$3.1 \times 10^{-5}$	
	20	2.40	4.30	4.10	4.00		
	30	2.20	2.00	2.40	3.60		
	40	1.90	2.30	1.70	4.00		
	50	1.90	2.10	1.70	2.90		
60	10		3.50	3.70		4.20	$3.4 \times 10^{-5}$
	20		3.20	3.30		4.10	
	30		3.00	3.00		4.00	
	40		2.50	3.20		3.20	
	50		2.90	3.20		3.50	

ตารางที่ 4.3 แสดงค่า  $K_a$  ของชั้นตัวกลาง และค่าเฉลี่ย

จากการทราบค่า  $C_0$  และสามารถหาค่า  $K_a$  ดังตารางที่ 4.3 นำค่า  $K_a$  มาแทนค่าใน  $K_a N_0 L/V$  จากตารางที่ 4.1 จะได้ค่า  $N_0$  ดังตารางที่ 4.4 (ตัวอย่างการคำนวณอยู่ในภาคผนวก ก)

C <sub>0</sub> (NTU)	ความลึก (ซม)	N <sub>0</sub>					หมายเหตุ
		อัตราการกรอง (ม <sup>3</sup> /ม <sup>2</sup> -ชม)					
		3	4.5	6	7.5	9	
30	10	43351	46464	48177	64510		
	20	33566	33070	41854	57625		
	30	32811	46142	51208	50961		
	40	30086	33995	52765	41278		
	50	25537	28272	43035	37121		
60	10		54707	63919		63500	
	20		43828	51182		49829	
	30		39317	49856		48175	
	40		35385	34086		57809	
	50		16548	26400		45599	

ตารางที่ 4.4 แสดงค่า N<sub>0</sub> ของชั้นตัวกลางที่อัตราการกรองต่าง ๆ

จากตารางที่ 4.4 พบว่าค่า N<sub>0</sub> ของแต่ละชั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราการกรองที่เพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์ระหว่าง N<sub>0</sub> และอัตราการกรอง (V) สามารถเขียนในรูปของสมการดังสมการที่ 4.1 ดังนี้

$$N_0 = aV^2 + bV + c \quad \dots\dots\dots(4.1)$$



จากขอมูลค่า  $N_o$  ในแต่ละชั้น จากตารางที่ 4.4 ค่า  $a, b$  และ  $c$  จากสมการที่ 4.1 สามารถหาได้โดยการหาสมการถดถอย ดังตารางที่ 4.5

ความลึก (ซม)	$N_o$	
	$C_o = 30 \text{ NTU}$	$C_o = 60 \text{ NTU}$
10	$N_o = 4.7V^2 - 568V + 60381$	$N_o = 2.1V^2 - 389V + 77486$
20	$N_o = 8.3V^2 - 1121V + 69923$	$N_o = 1.8V^2 - 348V + 63105$
30	$N_o = -6.4V^2 + 1373V - 21279$	$N_o = -2.6V^2 + 489V + 25849$
40	$N_o = -9.2V^2 + 1844V - 44025$	$N_o = -1.7V^2 + 705V - 12344$
50	$N_o = -5.3V^2 + 1147V - 22153$	$N_o = -0.9V^2 + 588V - 22747$

ตารางที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $N_o$  กับค่า  $V$  ที่ระดับความลึกต่าง ๆ

ที่ความสูงชั้นตวกลาง 30 ซม  $C_o = 30 \text{ NTU}$  ความสัมพันธ์ระหว่าง  $N_o$  และอัตราการกรอง เป็นดังนี้

$$N_o = -6.4V^2 + 1373V - 21279 \quad \dots \dots \dots (4.2)$$

คังนประสิทภาพการกรองของชนควกลาง ทมความล็ก 30 ซม. เมื่อ  
เทียบกขระยะเวลาจิงเป็นคังน

$$\ln (C_0/C-1) = K_a N_0 L/V - K_a C_0 t$$

จิงสามารถเขียนเป็น

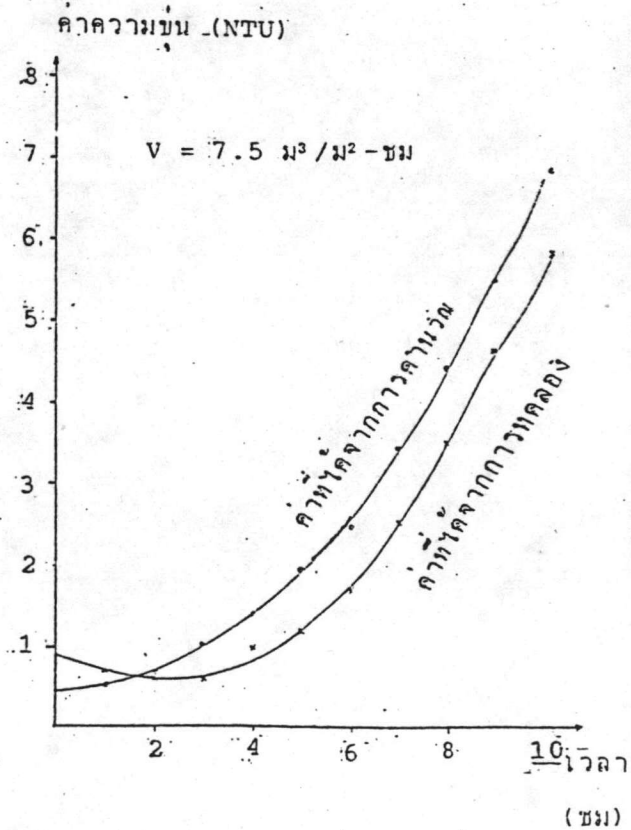
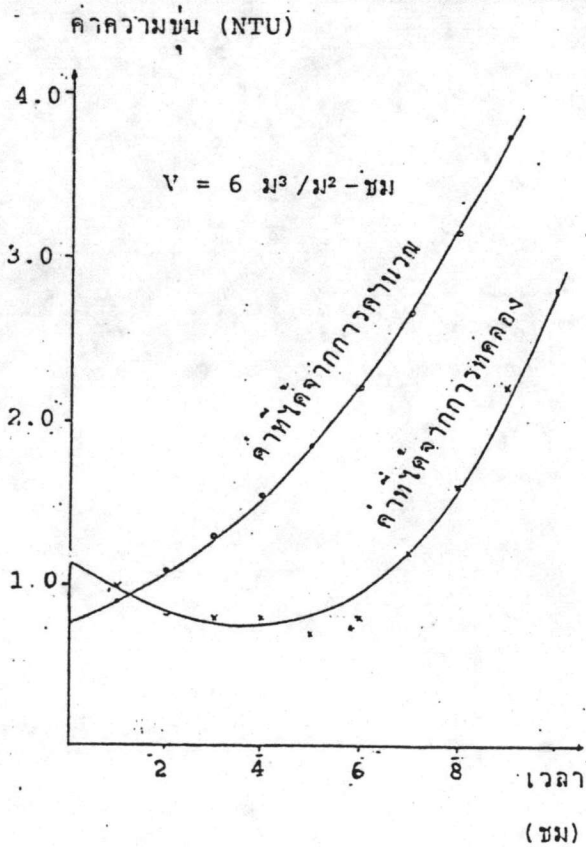
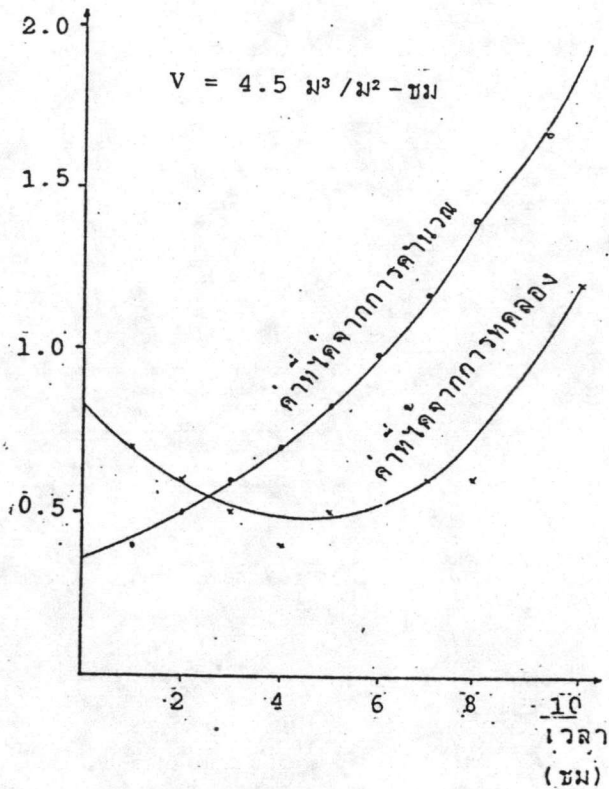
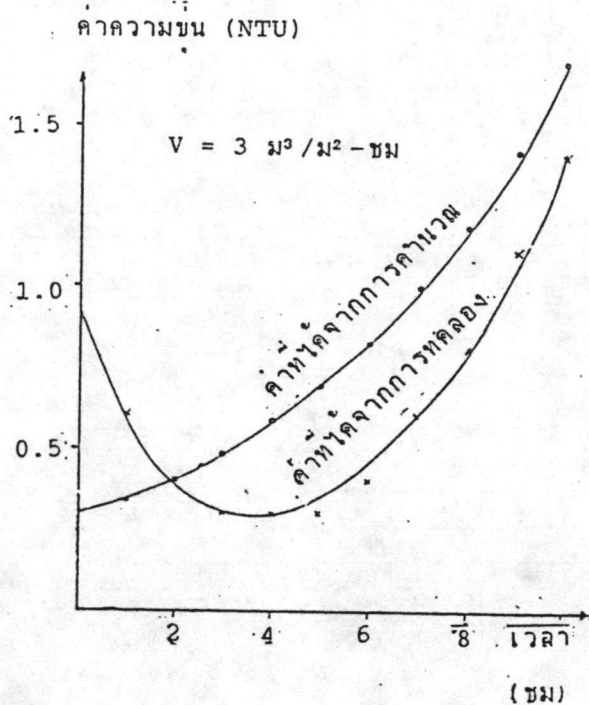
$$\ln (C_0/C-1) = 3.1 \times 10^{-5} (-6.4V^2 + 1373V - 21279) L/V - 3.1 \times 10^{-5} C_0 t \quad \dots \dots \dots (4.3)$$

สมการที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทภาพการกรองกับ  
ระยะเวลาของชนกรองทรายทไมจขยคณำมัน โดยมีความล็กของชนกรองเท่ากับ  
30 เซนติเมตร ค่ำ  $C_0 = 30$  NTU

ในทำนองเดียวกันสามารถหาประสิทภาพการกรองของชนควกลาง  
ทมความล็ก 30 ซม.  $C_0 = 60$  NTU ได้คังน

$$\ln (C_0/C-1) = 3.4 \times 10^{-5} (-2.6V^2 + 489V + 25849) L/V - 3.4 \times 10^{-5} C_0 t \quad \dots \dots \dots (4.4)$$

สมการที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทภาพการกรองกับ  
ระยะเวลาของชนกรองทรายทไมจขยคณำมัน โดยมีความล็กของชนกรองเท่ากับ  
30 เซนติเมตร ค่ำ  $C_0 = 60$  NTU



รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสารเบนโทไนด์ที่ได้ออกจากการทดลองกับที่ได้จากค่าคำนวณ ของชั้นตัวกลางชั้นไม่จับบนความลึก 30 ซม. และ  $C_0=30 \text{ NTU}$



#### 4.2 การศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการสูญเสียความสูงน้ำ

จากสมการที่ 2.4.3  $S = H_0 / V$

ดังนั้นจากผลการทดลองที่ 1-7 สามารถหาค่า S ของชนตวกลางทม  
ความลึกระดับต่าง ๆ ได้ดังนี้

Co (NTU)	อัตรา การกรอง	ความลึก (ซม)									
		10		20		30		40		50	
		$H_0$	$\frac{S=H_0}{V}$	$H_0$	$\frac{S=H_0}{V}$	$H_0$	$\frac{S=H_0}{V}$	$H_0$	$\frac{S=H_0}{V}$	$H_0$	$\frac{S=H_0}{V}$
30	3	2.00	0.007	3.50	0.012	4.80	0.016	6.20	0.012	7.60	0.023
	4.5	3.60	0.008	4.50	0.010	6.40	0.014	8.20	0.018	10.20	0.025
	6	3.60	0.006	6.70	0.010	9.20	0.015	12.00	0.020	14.80	0.025
	7.5	4.00	0.005	6.40	0.009	9.60	0.013	12.80	0.020	16.00	0.020
ค่าเฉลี่ย(S)		0.006		0.010		0.014		0.020		0.023	
60	4.5	2.00	0.004	3.60	0.008	5.00	0.011	6.80	0.015	8.50	0.019
	7.5	4.40	0.006	7.40	0.010	9.80	0.013	12.30	0.016	14.70	0.020
	9	4.80	0.005	8.90	0.010	12.60	0.014	16.50	0.018	20.60	0.029
ค่าเฉลี่ย(S)		0.005		0.009		0.013		0.016		0.023	

ตารางที่ 4.6 แสดงค่า S ของชนตวกลางทมความลึกต่าง ๆ และ  
ค่าเฉลี่ยของค่า S



$$\text{จากสมการที่ 2.4.3 } S = H_0/V = L/K_p \quad \dots\dots\dots(4.5)$$

$$S = L/K_p ; 1/K_p = S/L$$

จากค่า  $S$  ที่ระดับต่าง ๆ ของชั้นตัวกลาง สามารถหาค่า  $K_p$  ได้ดัง  
ตารางที่ 4.7:

ความลึก (เมตร)	ความเข้มข้น (NTU)			
	30		60	
	ค่า $S$	ค่า $1/K_p$	ค่า $S$	ค่า $1/K_p$
0.10	0.006	0.060	0.005	0.005
0.20	0.010	0.050	0.009	0.045
0.30	0.014	0.047	0.013	0.043
0.40	0.020	0.050	0.016	0.040
0.50	0.023	0.046	0.023	0.046
ค่าเฉลี่ย $1/K_p$	0.05		0.05	

ตารางที่ 4.7 แสดงค่า  $1/K_p$  ของชั้นตัวกลางที่มีความลึกต่าง ๆ  
และค่าเฉลี่ย  $1/K_p$

ตั้งนจากสมการที่ 4.5  $H_0 = 0.05 LV \dots\dots\dots(4.6)$

จากสมการที่ 2.5.1 สามารถหาค่า  $\bar{\epsilon}$  ได้ดังตัวอย่างในภาคผนวก ข

จากสมการที่ 2.4.4  $H/H_0 = 1 + K\bar{\epsilon}$

สามารถเขียนได้เป็น  $H/H_0 - 1 = K\bar{\epsilon} \dots\dots\dots(4.7)$

จากข้อมูลการทดลองที่ 1-7 สามารถหาค่า  $H/H_0 - 1$  กับ  $\bar{\epsilon}$  ได้ดัง

ตารางที่ 4.8-4.14 ดังตารางข้างล่างนี้

เวลา (ชม)	ความลึก (ซม)					
	30		50		70	
	$H/H_0 - 1$	$\bar{\delta} * 10^{-3}$	$H/H_0 - 1$	$\bar{\delta} * 10^{-3}$	$H/H_0 - 1$	$\bar{\delta} * 10^{-3}$
0	0	0	0	0	0	0
1	0.25	0.35	0.15	0.10	0.11	0.10
2	0.33	0.70	0.25	0.30	0.20	0.30
3	0.62	1.70	0.38	0.70	0.31	0.70
4	0.82	2.20	0.54	1.20	0.42	1.20
5	1.02	2.80	0.65	1.80	0.50	1.20
6	1.20	3.10	0.77	2.20	0.60	1.50
7	1.33	3.30	0.87	2.30	0.66	1.70
8	1.45	4.30	0.95	2.60	0.74	1.80
9	1.53	5.20	1.01	2.90	0.78	1.90
10	1.67	5.80	1.08	3.10	0.84	2.10

ตารางที่ 4.8 แสดงค่า  $\bar{\delta}$  และ  $H/H_0 - 1$  ของชั้นตัวกลางระดับ  
ต่าง ๆ โดยที่ค่า  $C_0 = 30$  NTU ,  $V = 3$  ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-ชม.



เวลา (ชม)	ความลึก (ชม)					
	30		50		70	
	$H/H_0 - 1$	$\bar{b} * 10^{-3}$	$H/H_0 - 1$	$\bar{b} * 10^{-3}$	$H/H_0 - 1$	$\bar{b} * 10^{-3}$
0	0	0	0	0	0	0
1	0.23	0.50	0.15	0.20	0.22	0.50
2	0.43	1.20	0.28	0.70	0.34	1.00
3	0.63	1.90	0.43	1.20	0.45	1.20
4	0.86	2.50	0.57	1.40	0.60	1.50
5	1.15	3.10	0.78	2.20	0.75	2.00
6	1.45	4.70	0.98	2.40	0.92	2.20
7	1.83	5.40	1.20	3.00	1.10	2.60
8	2.18	6.20	1.44	3.60	1.26	3.00
9	2.55	7.80	1.68	4.30	1.45	3.30
10	2.97	8.20	1.92	4.50	1.64	3.60

ตารางที่ 4.9 แสดงค่า  $\bar{b}$  และ  $H/H_0 - 1$  ของชั้นตวากลางระดับ

ต่างๆโดยที่ค่า  $C_0 = 30$  NTU ,  $V = 4.5$   $m^3/m^2$ -ชม.



เวลา (ชม)	ความลึก (ซม)					
	30		50		70	
	$H/H_0 - 1$	$\bar{\sigma} * 10^{-3}$	$H/H_0 - 1$	$\bar{\sigma} * 10^{-3}$	$H/H_0 - 1$	$\bar{\sigma} * 10^{-3}$
0	0	0	0	0	0	0
1	0.24	0.30	0.35	0.80	0.10	0.10
2	0.53	2.00	0.50	1.70	0.26	0.60
3	0.79	2.80	0.70	2.40	0.36	0.80
4	1.12	3.50	0.93	2.80	0.51	1.30
5	1.40	4.70	1.23	3.90	0.68	2.20
6	1.95	5.70	1.51	4.20	0.91	2.90
7	2.41	7.00	1.80	5.00	1.09	3.20
8	2.88	7.50	2.16	6.00	1.31	3.80
9	3.45	8.80	2.52	6.80	1.57	4.20
10	4.03	10.00	2.86	7.20	1.83	4.40

ตารางที่ 4.10 แสดงค่า  $\bar{\sigma}$  และ  $H/H_0 - 1$  ของชั้นตัวกลางระดับ

ต่าง ๆ โดยที่ค่า  $C_0 = 30 \text{ NTU}$  ,  $V = 6 \text{ ม}^3/\text{ม}^2\text{-ชม}$ .

เวลา (ชม)	ความสกปรก (ชม)					
	30		50		70	
	$H/H_0 - 1$	$\bar{\delta} \times 10^{-3}$	$H/H_0 - 1$	$\bar{\delta} \times 10^{-3}$	$H/H_0 - 1$	$\bar{\delta} \times 10^{-3}$
0	0	0	0	0	0	0
1	0.50	1.80	0.29	1.00	0.22	0.80
2	0.78	2.30	0.51	1.70	0.35	1.10
3	1.08	3.70	0.69	2.30	0.50	1.50
4	1.47	4.90	0.90	2.80	0.65	1.90
5	1.74	5.30	1.10	3.40	0.78	2.30
6	2.06	6.80	1.29	4.10	0.92	2.80
7	2.70	9.20	1.68	5.20	1.20	3.50
8	3.13	10.30	1.88	5.70	1.38	3.90
9	3.55	11.80	2.23	6.80	1.66	4.70
10	4.23	12.20	2.68	8.30	1.94	5.10

ตารางที่ 4.11 แสดงค่า  $\bar{\delta}$  และ  $H/H_0 - 1$  ของชั้นตวากลางระดับ

ทาง ๗ โดยที่ค่า  $C_0 = 30 \text{ NTU}$  ,  $V = 7.5 \text{ ม}^3/\text{ม}^2\text{-ชม}$ .

เวลา (ชม)	ความลึก (ชม)							
	30		50		70		90	
	$H/H_0 - 1$	$\bar{C} \times 10^{-3}$	$H/H_0 - 1$	$\bar{C} \times 10^{-3}$	$H/H_0 - 1$	$\bar{C} \times 10^{-3}$	$H/H_0 - 1$	$\bar{C} \times 10^{-3}$
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.46	1.55	0.33	0.09	0.25	0.07	0.23	0.05
2	0.94	3.13	0.70	1.88	0.44	1.35	0.38	1.05
3	1.57	4.68	1.01	2.83	0.75	2.02	0.63	1.57
4	2.29	6.15	1.42	3.77	1.04	2.69	0.87	2.09
5	3.16	7.33	1.98	4.71	1.44	3.37	1.20	2.62
6	3.97	8.38	2.47	5.65	1.80	4.04	1.48	3.14
7	4.83	9.32	2.98	6.60	2.14	4.71	1.76	3.67
8	5.67	9.91	3.48	7.53	2.50	5.40	2.02	4.20
9	6.60	10.20	4.04	8.44	2.89	6.06	2.33	4.72
10	7.57	10.54	4.64	9.33	3.32	6.73	2.69	5.25

ตารางที่ 4.12 แสดงค่า  $\bar{C}$  และ  $H/H_0 - 1$  ของชั้นตัวกลางระดับ

ต่าง ๆ โดยที่ค่า  $C_0 = 60$  NTU ,  $V = 4.5$  ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-ชม.



เวลา (ชม)	ความลึก (ชม)							
	30		50		70		90	
	$H/H_0 - 1$	$\bar{\sigma} \times 10^{-3}$	$H/H_0 - 1$	$\bar{\sigma} \times 10^{-3}$	$H/H_0 - 1$	$\bar{\sigma} \times 10^{-3}$	$H/H_0 - 1$	$\bar{\sigma} \times 10^{-3}$
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.24	2.06	0.50	1.24	0.13	0.89	0.33	0.69
2	0.73	4.13	0.96	2.49	0.39	1.78	0.63	1.39
3	1.39	6.12	1.39	3.75	0.75	2.67	0.89	2.08
4	2.03	8.13	1.79	4.99	1.06	3.57	1.13	2.78
5	2.65	10.10	2.18	6.24	1.37	4.47	1.36	3.48
6	3.23	12.02	2.80	7.50	1.66	5.37	1.74	4.18
7	4.11	13.53	3.10	8.72	2.12	6.24	1.92	4.87
8	5.59	13.50	3.52	9.92	2.35	7.12	2.16	5.57
9	5.20	13.92	4.02	11.14	2.60	8.00	2.50	6.25
10	5.90	8.78	4.29	12.23	3.06	8.90	2.65	6.95

ตารางที่ 4.13 แสดงค่า  $\bar{\sigma}$  และ  $H/H_0 - 1$  ของชั้นแนวกลางระดับ

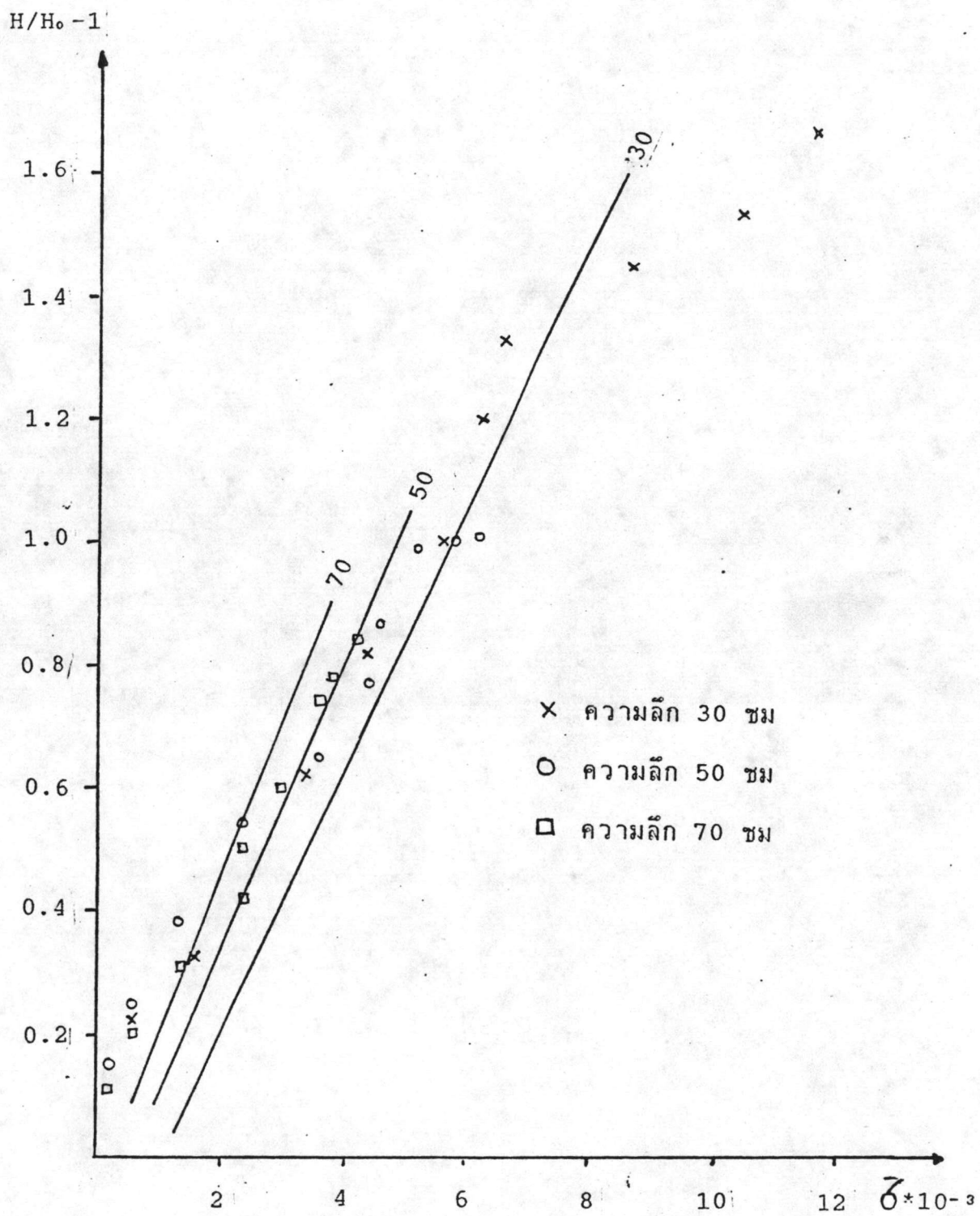
ต่างๆ โดยค่า  $C_0 = 60 \text{ NTU}$  ,  $V = 6 \text{ ม}^3/\text{ม}^2\text{-ชม}$ .



เวลา (ชม)	ความลึก (ซม)							
	30		50		70		90	
	$H/H_0 - 1$	$\bar{C} \times 10^{-3}$	$H/H_0 - 1$	$\bar{C} \times 10^{-3}$	$H/H_0 - 1$	$\bar{C} \times 10^{-3}$	$H/H_0 - 1$	$\bar{C} \times 10^{-3}$
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.56	3.06	0.41	1.88	0.29	1.34	0.24	1.04
2	1.36	5.80	0.85	3.76	0.61	2.69	0.48	2.09
3	2.15	8.30	1.34	5.57	0.95	4.03	0.73	3.14
4	3.12	10.33	1.96	7.21	1.40	5.37	1.10	4.18
5	4.15	11.60	2.61	8.70	1.88	6.70	1.48	5.22
6	5.23	11.07	3.30	10.15	2.38	8.03	1.87	6.26
7	6.39	10.33	4.04	11.63	2.92	9.30	2.30	7.30
8								
9								
10								

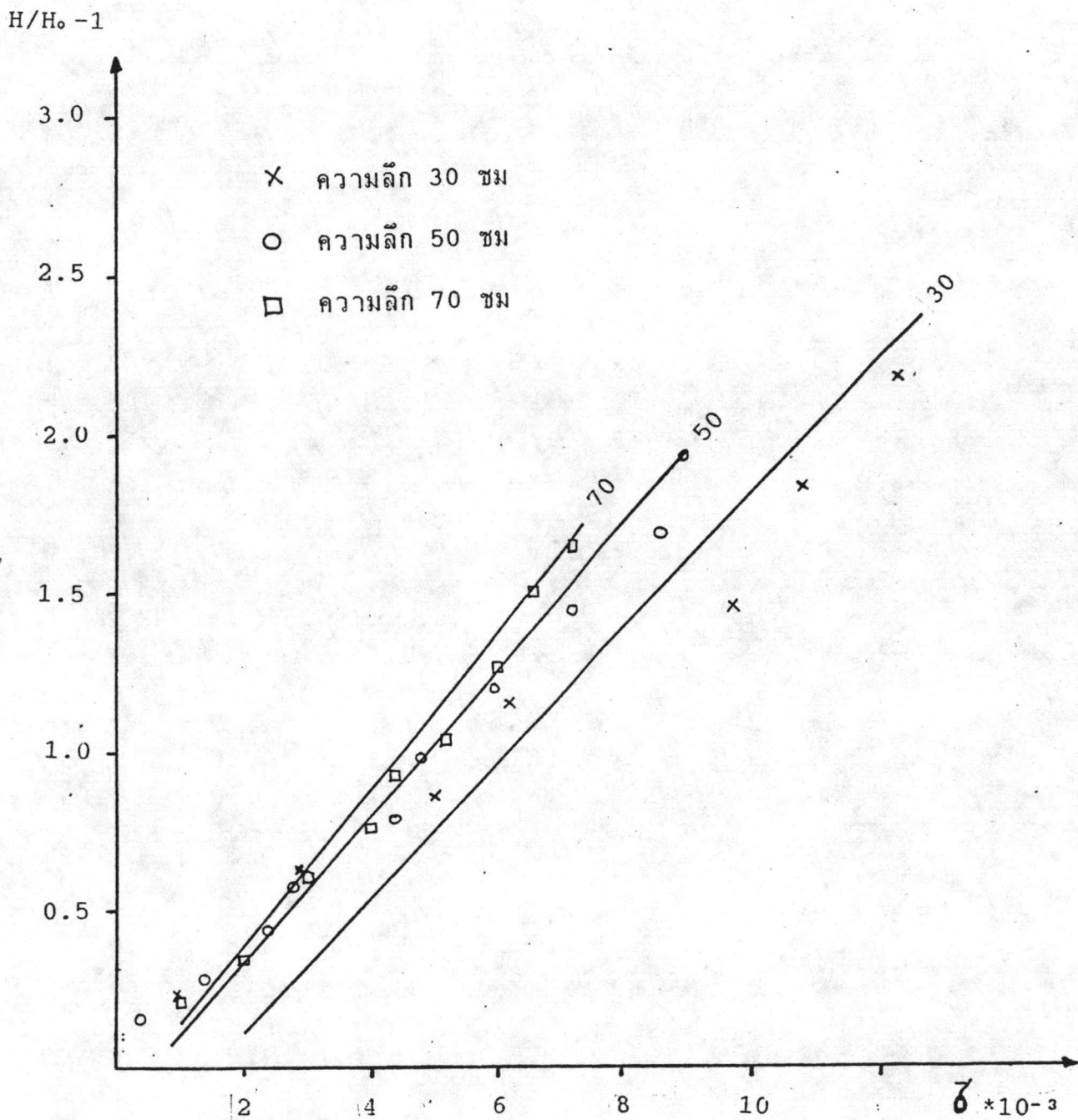
ตารางที่ 4.14 แสดงค่า  $\bar{C}$  และ  $H/H_0 - 1$  ของชั้นแนวกลางระดับ  
 ต่ำ ๆ โดยที่ค่า  $C_0 = 60 \text{ NTU}$  ,  $V = 9 \text{ ม}^3/\text{ม}^2\text{-ชม}$ .

จากตารางที่ 4.8-4.14 สามารถเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์  
ระหว่างค่า  $H/H_0 - 1$  กับ  $\bar{\sigma}$  ของแต่ละชั้นความลึกที่อัตราการกรองต่าง ๆ  
ดังรูปที่ 4.9-4.15 จากกราฟสามารถหาค่า  $K$  (ตามสมการ 2.4.4)  
ดังตารางที่ 4.13 ดังนี้

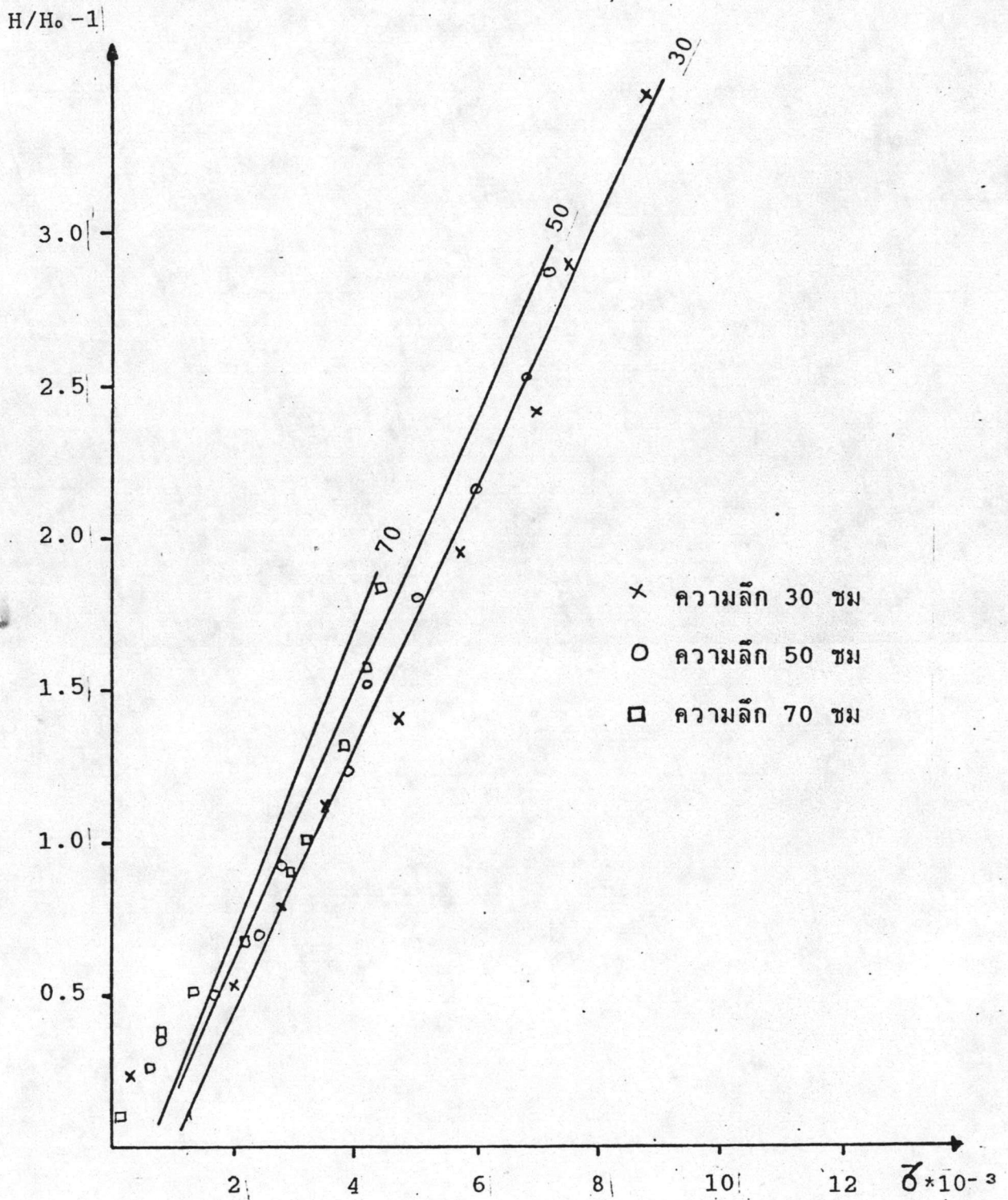


รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $H/H_0 - 1$  กับ  $\bar{\sigma}$  ของชั้นตัวกลาง  
ระดับกลาง ๆ โดยมีค่า  $C_0 = 30 \text{ NTU}$  ,  $V = 3 \text{ ม}^3/\text{ม}^2\text{-ชม}$

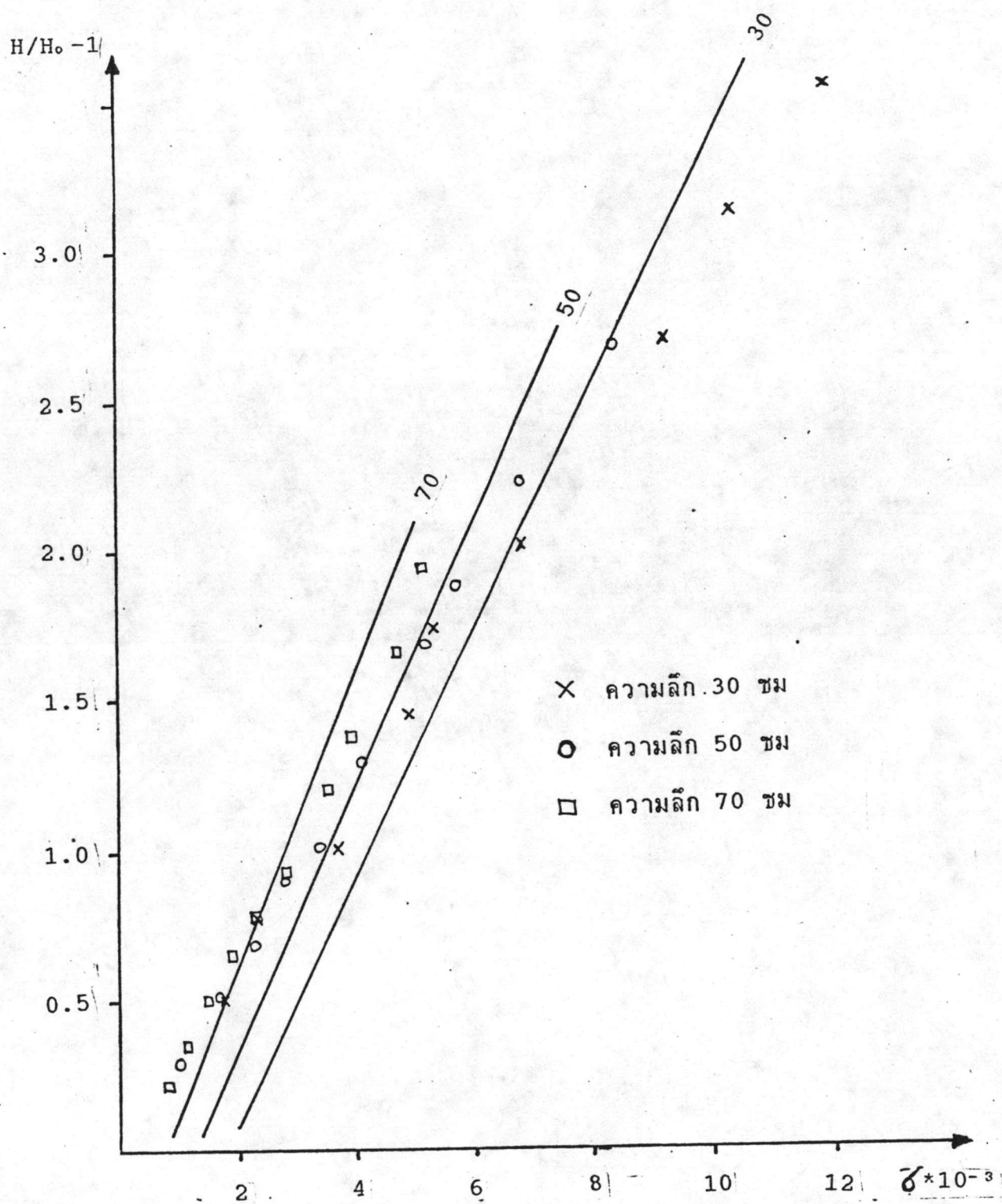




รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $H/H_0 - 1$  กับ  $\bar{\delta}$  ของชั้นตัวกลาง  
 ระดับต่าง ๆ โดยมีค่า  $C_0 = 30 \text{ NTU}$  ,  $V = 4.5 \text{ ม}^3/\text{ม}^2\text{-ชม}$

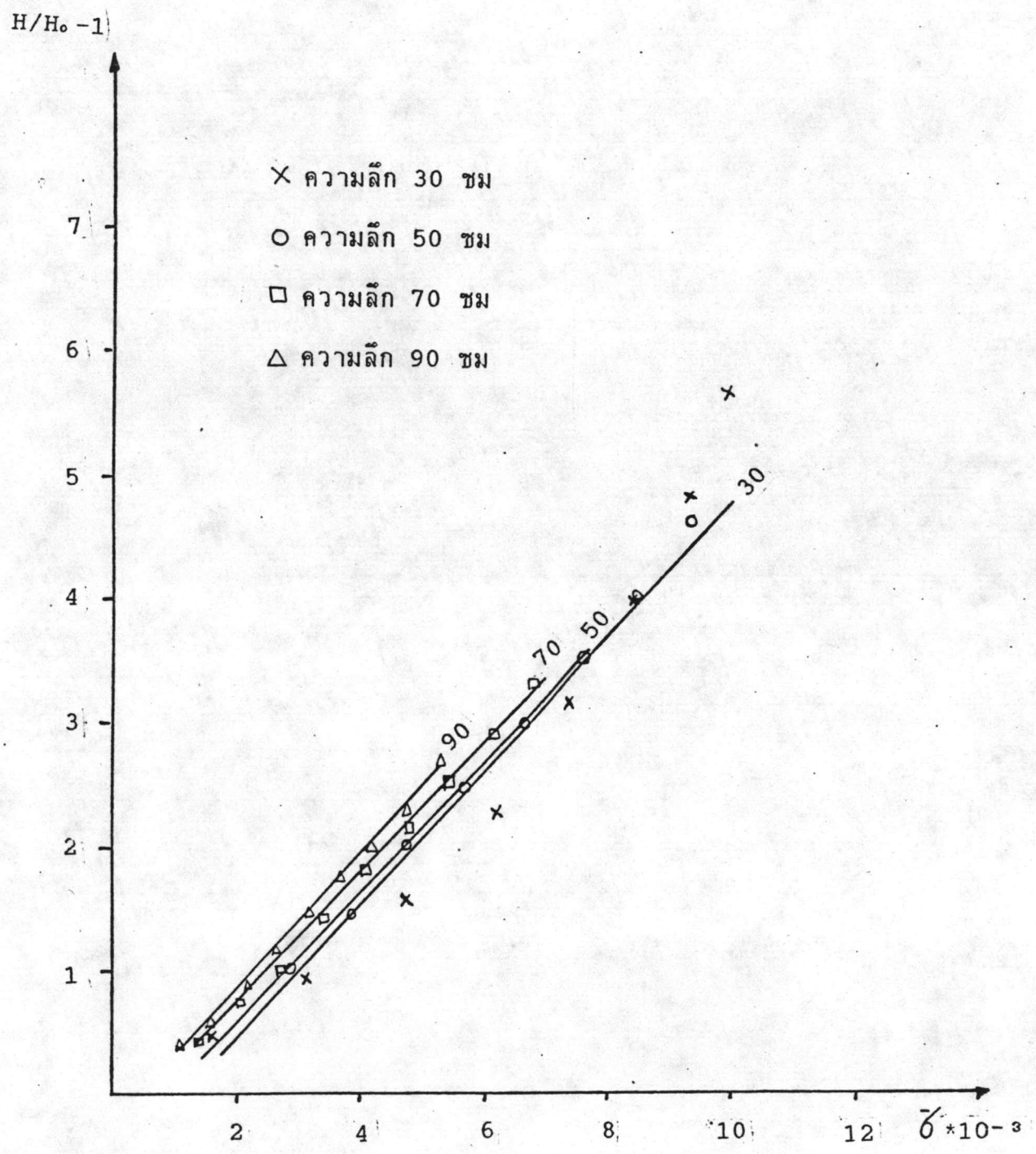


รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $H/H_0 - 1$  กับ  $\delta$  ของชั้นตัวกลาง  
 ระดับต่าง ๆ โดยมีค่า  $C_0 = 30 \text{ NTU}$ ,  $V = 6 \text{ ม}^3/\text{ม}^2\text{-ชม}$

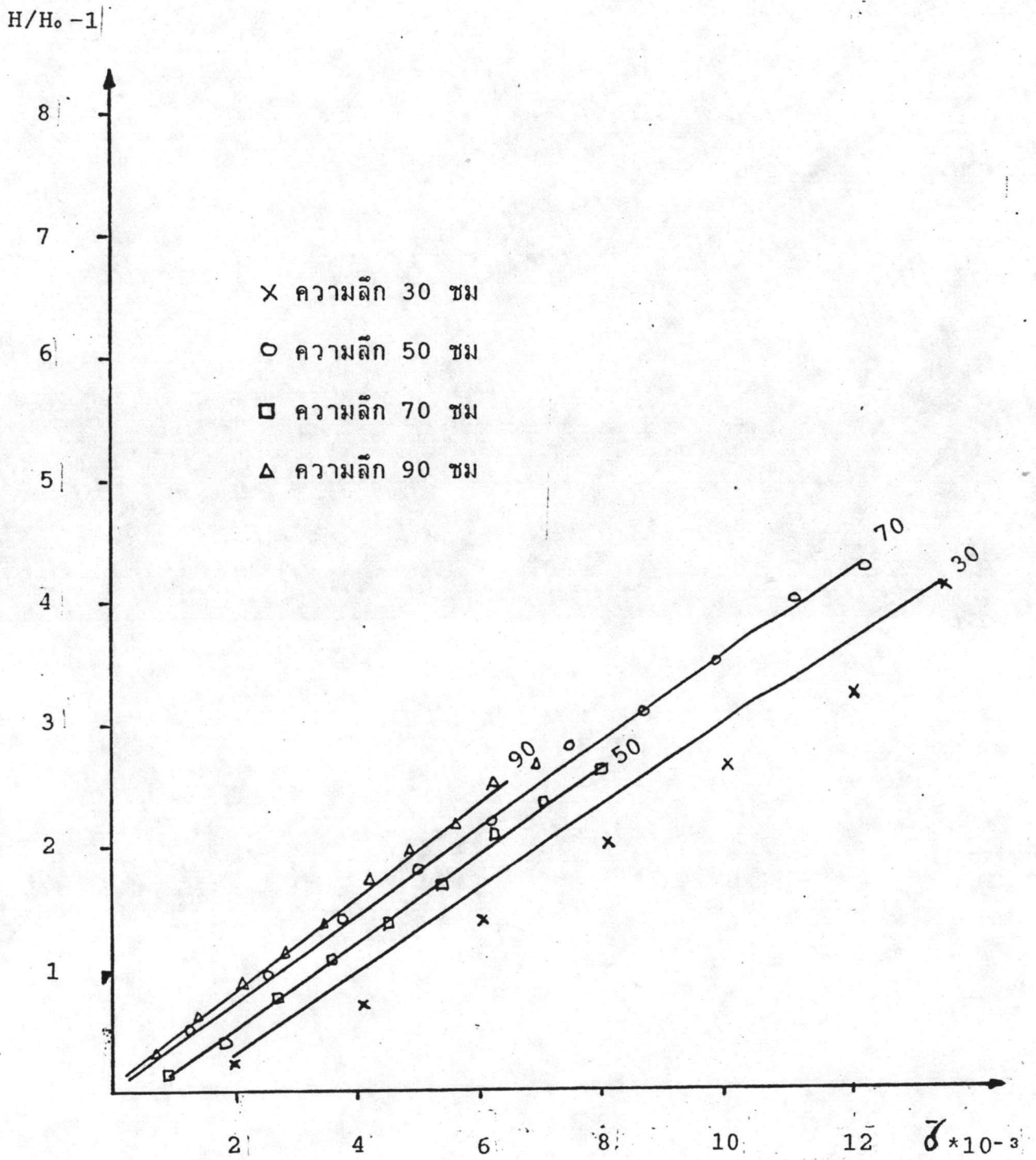


รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $H/H_0 - 1$  กับ  $\bar{\delta}$  ของชั้นตัวกลาง  
ระดับต่าง ๆ โดยมีค่า  $C_0 = 30 \text{ NTU}$  ,  $V = 7.5 \text{ ม}^3/\text{ม}^2\text{-ชม}$

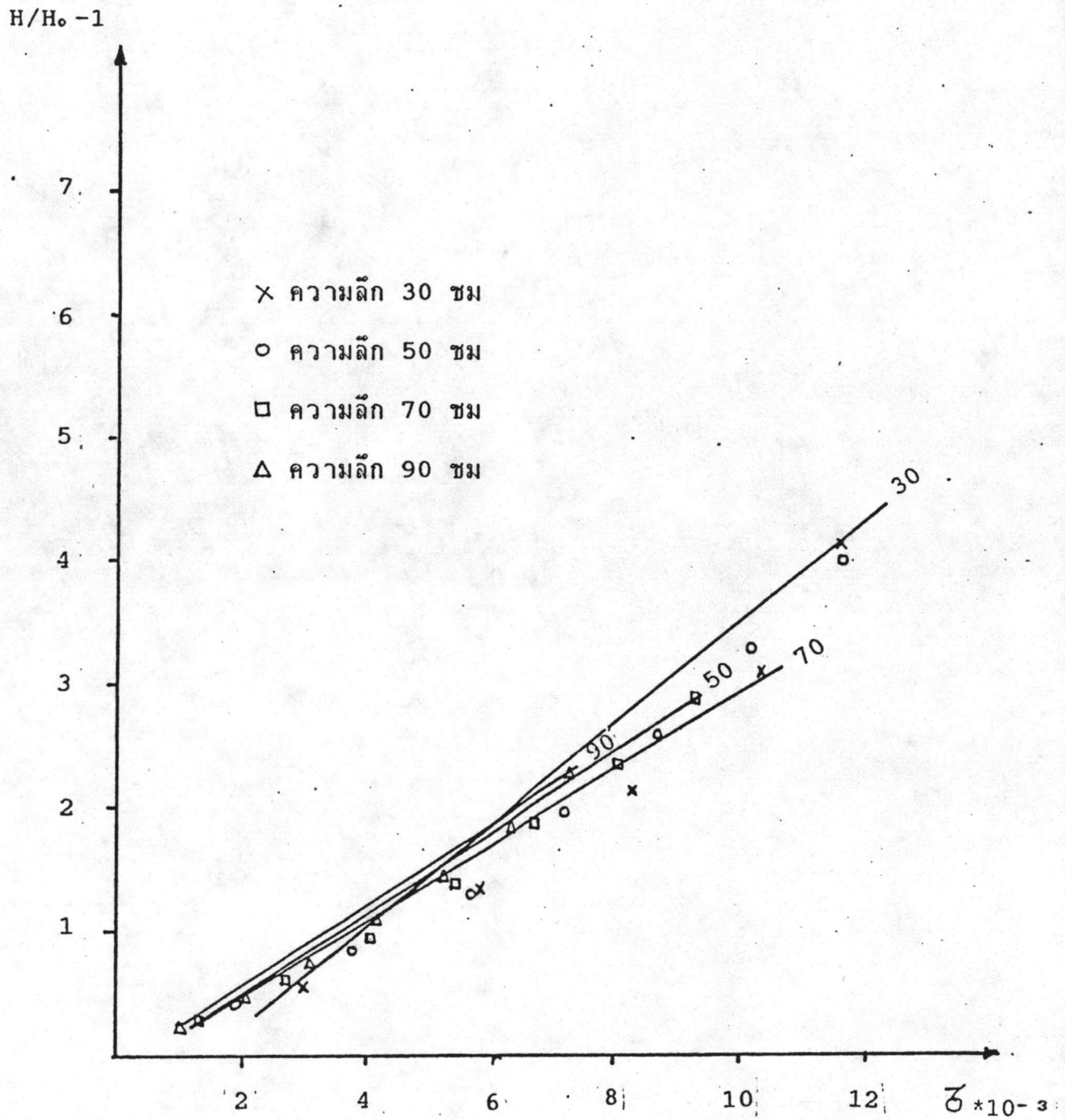




รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $H/H_0 - 1$  กับ  $\bar{\sigma}$  ของชั้นตัวกลาง  
ระดับต่าง ๆ โดยมีค่า  $C_0 = 60$  NTU ,  $V = 4.5$  ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-ชม



รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $H/H_0 - 1$  กับ  $\bar{\delta}$  ของชั้นตัวกลาง  
ระดับต่าง ๆ โดยมีค่า  $C_0 = 60 \text{ NTU}$  ,  $v = 6 \text{ ม}^3/\text{ม}^2\text{-ชม}$



รูปที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $H/H_0 - 1$  กับ  $\bar{\sigma}$  ของชั้นคั่วกลาง  
ระดับต่าง ๆ โดยมีค่า  $C_0 = 60 \text{ NTU}$  ,  $V = 9 \text{ ม}^3/\text{ม}^2\text{-ชม}$



จากรูปที่ 4.9-4.15 สามารถหาค่า K (ตามสมการ 4.7) โดยหาความสัมพันธ์จากสมการถดถอย โดยโปรแกรมสำเร็จรูปโลคัส 123 ดังตารางที่ 4.15 ดังนี้

C <sub>o</sub> (NTU)	อัตราการกรอง (ม <sup>3</sup> /ม <sup>2</sup> -ชม)	K			
		ความลึก (ซม)			
		30	50	70	90
30	3	437	478	529	565
	4.5	430	464	518	556
	6	428	459	513	547
	7.5	412	443	487	522
60	4.5	664	479	478	494
	6	380	352	352	382
	9	465	346	313	315

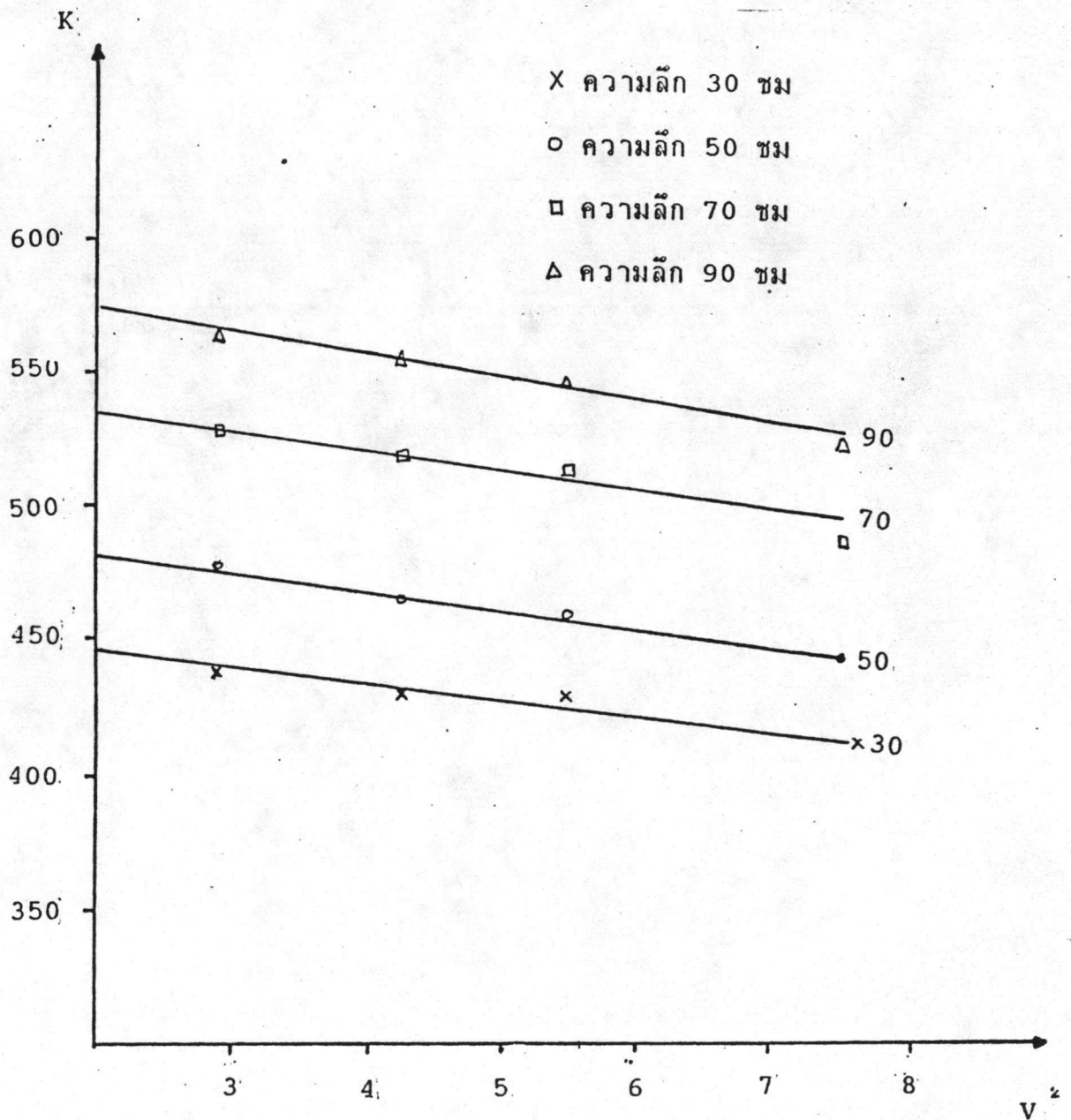
ตารางที่ 4.15 แสดงค่า K ของชั้นควกลางที่ระดับต่าง ๆ เมื่ออัตราการกรองต่างกัน ความขุ่น 30 NTU และ 60 NTU

จากรูปที่ 4.15 พบว่าค่า K จะลดลงเมื่ออัตราการกรองเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า K กับอัตราการกรองโดยการหาสมการถดถอย ดังนี้

$$K = a + bV^2 \quad \dots \dots \dots (4.8)$$

โดยที่  $K$  = ค่าความชันระหว่างค่า  $H/H_0 - 1$  และ  $\bar{C}$   
 $a, b$  = ค่าคงที่  
 $V$  = อัตราการกรอง ,  $m^3/m^2\text{-ชม}$

จากตารางที่ 4.15 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $K$  กับ  $V^2$  ที่ระดับความลึกต่าง ๆ ได้ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $K$  กับ  $V^2$  โดยที่ค่า

$C_0 = 30$  NTU

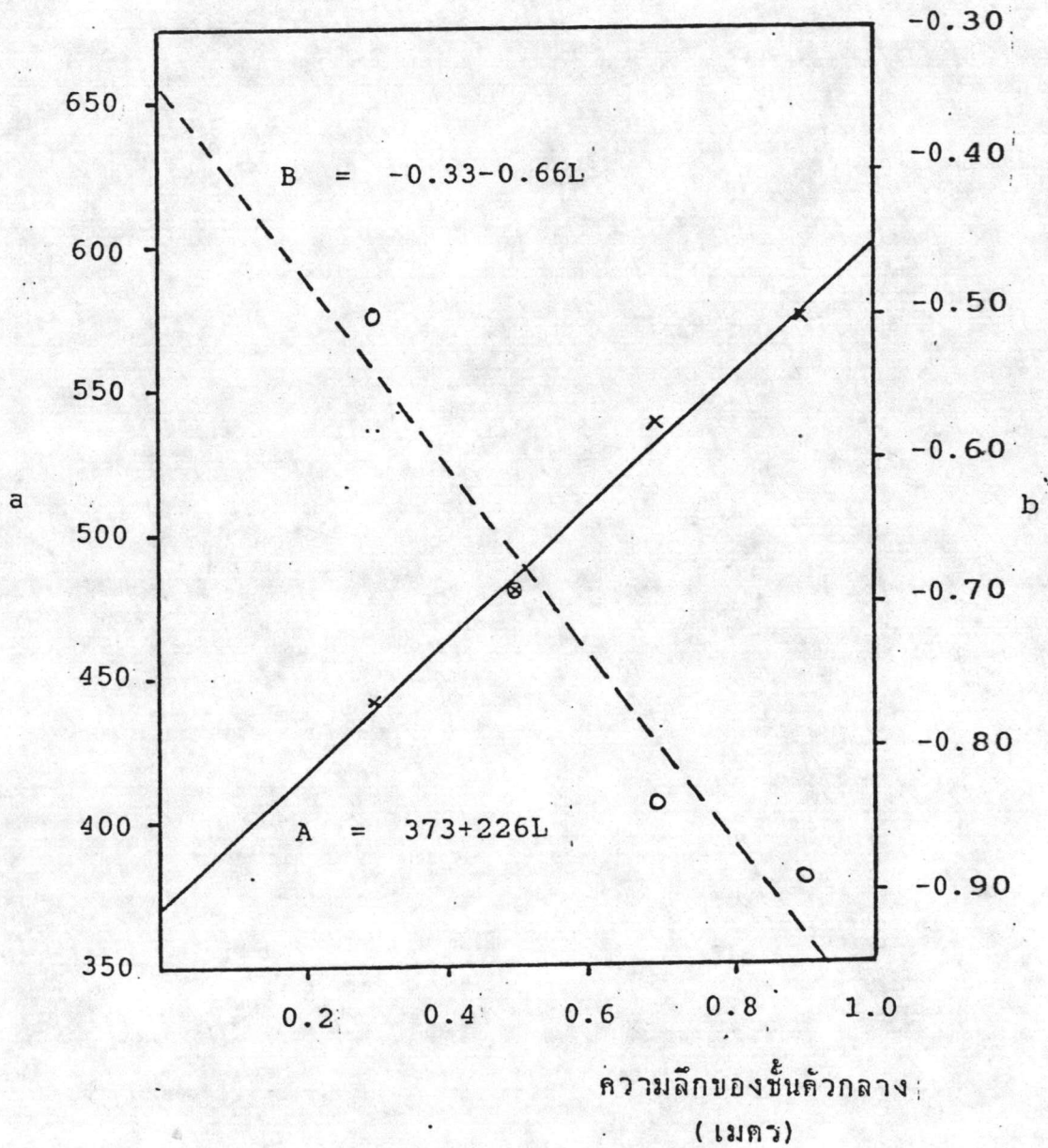
จากรูปที่ 4.16 จะได้อ่า a, b ดังน

ความสูงชนกรอ (ซม)	สารละลายเบนโทไนท์ (NTU)			
	30		60	
	a	b	a	b
30	442	-0.50	600	-2.14
50	481	-0.69	472	-1.74
70	537	-0.84	486	-2.30
90	574	-0.89	517	-2.62

ตารางที่ 4.16 แสดงค่า a, b ของความสัมพันธ์ระหว่าง K, V ดังสมการที่ 4.8

จากตารางข้างต้นจะพบว่าค่า a จะมค่าเพิ่มขนตามความสูงของชนกรอ ในขณะที่ค่า b จะมคาลดลง เมื่อชนกรอมค่าเพิ่มขนซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า a, b และความสูงของชนตวกลางโดยการเขียนกราฟดังรูปที่ 4.17 จะได้อ่า





รูปที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง a, b กับความลึกของชั้นตัวกลาง โดยที่ค่า  $C_0 = 30$  NTU

$A = a_1 + a_2 L$  ..... (4.9)

$B = b_1 + b_2 L$  ..... (4.10)

โดย L เป็นค่าความสูงของชั้นตัวกลาง

จากสมการที่ 4.9 และ 4.10 ได้ค่า  $a_1, a_2$  และ  $b_1, b_2$  ดังนี้

$C_o$ (NTU)	$a_1$	$a_2$	$b_1$	$b_2$
30	373	226	-0.33	-0.66
60	589	-117	-1.60	-1.10

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าคงที่ของความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $a, b$  และ

ความสูง

จากสมการที่ 4.8 และตารางที่ 4.17 ความสัมพันธ์ของ  $K$  สามารถเขียนในรูปของอัตราการกรองและความสูงของชั้นตัวกลางได้ดังนี้

$$\text{เมื่อ } C_o = 30 \text{ NTU}$$

$$K = (373 + 226L) - (0.33 + 0.66L)V^2$$

$$\text{จากสมการ } H/H_o - 1 = K\bar{\epsilon}$$

$$\text{ดังนั้น } H = (K\bar{\epsilon} + 1)H_o$$

$$\text{เมื่อ } C_o = 30 \text{ NTU}$$

$$H = \{[(373 + 226L) - (0.33 + 0.66L)V^2] \bar{\epsilon} + 1\} H_o$$

$$\text{จากสมการ 4.6 } H_o = 0.05LV$$

ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียความสูงน้ำ กับความสูงของชั้นกรองและอัตราการกรองเป็นดังนี้

$$\text{เมื่อ } C_o = 30 \text{ NTU}$$

$$H = \{[(373 + 226L) - (0.33 + 0.66L)V^2] \bar{\epsilon}$$

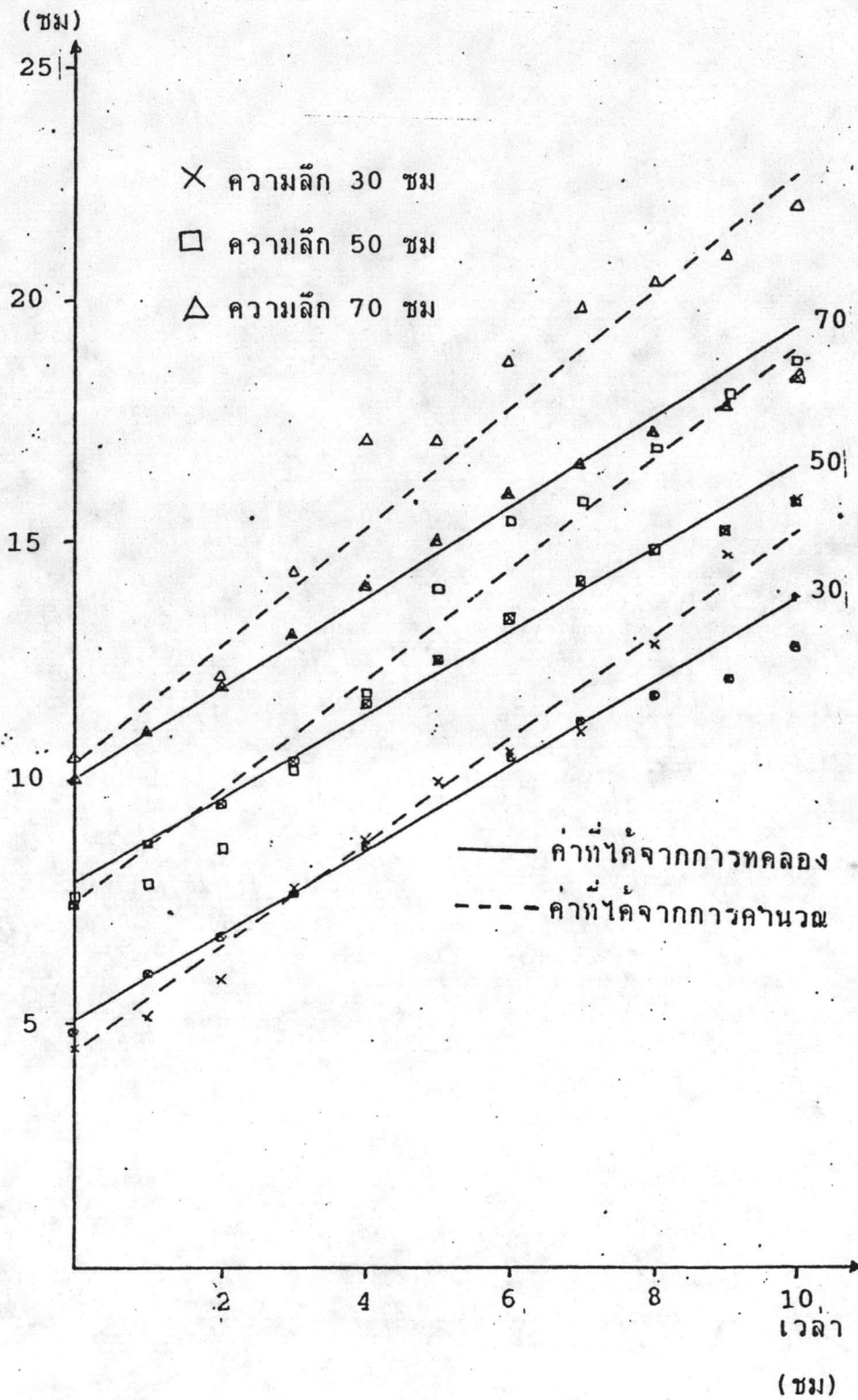
$$+ 1\} 0.05LV \quad \dots \dots \dots (4.11)$$

ทำนองเดียวกันสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียความสูงน้ำ กับความสูงของชั้นกรองและอัตราการกรองเมื่อ  $C_o = 60 \text{ NTU}$

$$H = \left[ \left\{ (589 - 117L) - (1.60 + 1.00L)V^2 \right\} \bar{\delta} \right. \\ \left. + 1 \right] 0.05LV \quad \dots\dots\dots(4.12)$$



การสูญเสียความสูงน้ำ



รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบการสูญเสียความสูงน้ำผ่านชนตวงกลางที่ได้จากการทดลอง กับที่ได้จากการคำนวณ ของชนตวงกลางชนิดไม้จอบยนต์น้ำม้นท่อครากำรกรอง 3 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-ชม และ Co = 30 NTU

#### 4.3 การศึกษาอิทธิพลของสารผสมน้ำมันในชั้นกรองที่มีต่อประสิทธิภาพการกรองและการสูญเสียความสูงของน้ำ

การศึกษาในหัวข้อนี้เป็นการทดลองในห้องทดลองของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วน ดังนี้

##### 4.3.1 การศึกษาอิทธิพลของสารผสมน้ำมันในชั้นกรองที่มีต่อประสิทธิภาพการกรอง

จากการทดลองทั้ง 3 การทดลองดังกล่าวที่ 3.4 พบว่าเมื่อเติมสารผสมน้ำมันกับน้ำในชั้นตัวกลางของชั้นกรอง พบว่าค่าความขุ่นที่ระดับต่าง ๆ ของชั้นตัวกลางมีค่าลดลง ค่าความขุ่นที่ลดลงนี้เนื่องจากสารผสมน้ำมันที่เติมลงในชั้นตัวกลางนั้นสามารถหาได้ดังนี้

ค่าความขุ่นเนื่องจากชั้นกรองเมื่อเติมน้ำมัน 2 มก/ซม<sup>2</sup> มีค่าเท่ากับ (ค่าความขุ่นการทดลองที่ 8) - (ค่าความขุ่นการทดลองที่ 9) ดังตารางที่ 4.18

ค่าความขุ่นเนื่องจากชั้นกรองเมื่อเติมน้ำมัน 4 มก/ซม<sup>2</sup> มีค่าเท่ากับ (ค่าความขุ่นการทดลองที่ 8) - (ค่าความขุ่นการทดลองที่ 10) ดังตารางที่ 4.19

เวลา	ความลึก (ซม)														
	10			20			30			40			50		
	การทดลองที่			การทดลองที่			การทดลองที่			การทดลองที่			การทดลองที่		
	8	9	8-9	8	9	8-9	8	9	8-9	8	9	8-9	8	9	8-9
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	4.2	3.9	0.3	3.8	3.5	0.3	2.3	2.0	0.3	1.2	1.0	0.2	0.4	0.2	0.2
60	3.0	2.8	0.2	2.8	2.6	0.2	1.5	1.2	0.3	0.9	0.7	0.2	0.3	0.1	0.2
90	2.4	2.3	0.1	1.9	1.8	0.1	0.9	0.7	0.2	0.6	0.4	0.2	0.2	0.0	0.2
120	2.0	1.9	0.1	1.3	1.1	0.2	0.8	0.6	0.2	0.4	0.3	0.1	0.2	0.0	0.2
150	1.8	1.6	0.2	0.9	0.6	0.3	0.6	0.5	0.1	0.4	0.4	0.0	0.2	0.1	0.1
180	2.3	2.3	0.0	1.0	0.8	0.2	0.9	0.6	0.3	0.5	0.3	0.2	0.3	0.2	0.1
210	3.0	2.8	0.2	1.7	1.6	0.1	1.4	1.2	0.2	0.5	0.3	0.2	0.3	0.2	0.1
240	4.8	4.7	0.1	2.8	2.6	0.2	2.1	2.0	0.1	0.7	0.6	0.1	0.3	0.2	0.1
270	6.0	5.9	0.1	4.3	4.1	0.2	3.0	2.7	0.3	1.0	0.8	0.2	0.4	0.3	0.1
	ค่าเฉลี่ย		0.24			0.20			0.22			0.16			0.14

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าความชื้นที่ทรงสามารถกำจัดได้เพิ่มขึ้นเมื่อ  
 เติมน้ำผสมน้ำมัน 2 มก/ซม<sup>2</sup> ในชั้นกึ่งกลาง และค่าเฉลี่ยของค่าความชื้นที่  
 สามารถกำจัดได้เพิ่มขึ้น



เวลา	ความลึก (ซม)														
	10			20			30			40			50		
	การทดลองที่			การทดลองที่			การทดลองที่			การทดลองที่			การทดลองที่		
	.8	10	8-10	8	10	8-10	8	10	8-10	8	10	8-10	8	10	8-10
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	4.2	3.8	0.4	3.8	3.6	0.2	2.3	2.1	0.2	1.2	1.0	0.2	0.4	0.1	0.3
60	3.0	2.6	0.4	2.8	2.5	0.3	1.5	1.2	0.3	0.9	0.6	0.3	0.2	0.0	0.2
90	2.4	2.2	0.2	1.9	1.6	0.3	0.9	0.6	0.3	0.6	0.3	0.3	0.2	0.0	0.2
120	2.0	1.7	0.3	1.3	1.0	0.3	0.8	0.5	0.3	0.4	0.2	0.2	0.2	0.0	0.2
150	1.8	1.3	0.5	0.9	0.5	0.4	0.6	0.3	0.3	0.4	0.4	0.0	0.2	0.1	0.1
180	2.3	2.1	0.2	1.0	0.7	0.3	0.9	0.7	0.2	0.5	0.2	0.3	0.3	0.1	0.2
210	3.0	2.6	0.4	1.7	1.5	0.2	1.4	1.2	0.2	0.5	0.3	0.2	0.3	0.2	0.1
240	4.8	4.6	0.2	2.8	2.5	0.3	2.1	1.8	0.3	0.7	0.5	0.2	0.3	0.3	0.0
270	6.0	5.7	0.3	4.3	3.9	0.4	3.0	2.7	0.3	1.0	0.7	0.3	0.4	0.3	0.1
ค่าเฉลี่ย	0.32		0.30			0.21			0.23			0.17			

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าความชื้นที่ชนกรองสามารถกำจัดเพิ่มขึ้นเมื่อ  
 เติมสารผสมน้ำมัน 4 มก/ซม<sup>2</sup> ในชั้นตัวกลาง และค่าเฉลี่ยของค่าความชื้นที่  
 สามารถกำจัดได้เพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 4.18 เมื่อเติมสารผสมน้ำกับน้ำมันในอัตรา 2 มก/ชม<sup>2</sup> ในชั้นตัวกลางของเครื่องกรอง พบว่าเครื่องกรองสามารถกำจัดความขุ่นได้เพิ่มขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในแต่ละชนิดดังนี้ 0.24, 0.20, 0.22, 0.16 และ 0.14 NTU ในระดับ 10, 20, 30, 40 และ 50 ซม. ตามลำดับ ซึ่งค่าที่เพิ่มขึ้นไม่แสดงผล อย่างนัยสำคัญนัก เนื่องจากมีน้ำมันบางส่วนหลุดออกมาจากชั้นตัวกลาง ทำให้การวัดค่าความขุ่นเกิดการคลาดเคลื่อน

จากตารางที่ 4.19 เมื่อเติมสารผสมน้ำกับน้ำมันในอัตรา 4 มก/ชม<sup>2</sup> ในชั้นตัวกลางของเครื่องกรอง พบว่าเครื่องกรองสามารถกำจัดความขุ่นได้เพิ่มขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในแต่ละชนิดดังนี้ 0.32, 0.37, 0.37, 0.23 และ 0.17 NTU ในระดับ 10, 20, 30, 40 และ 50 ซม. ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ การเติมสารผสมน้ำกับน้ำมันในอัตรา 2 มก/ชม<sup>2</sup> พบว่าการเติมสารผสมน้ำกับน้ำมันในอัตรา 4 มก/ชม<sup>2</sup> ชั้นตัวกลางสามารถกำจัดความขุ่นได้มากกว่าการเติมในอัตรา 2 มก/ชม<sup>2</sup> โดยที่ระดับชั้นตัวกลางที่สามารถกำจัดความขุ่นได้เพิ่มขึ้นมากที่สุดได้แก่ชั้นระดับ 10 ซม. ซึ่งเป็นชั้นที่มีการกำจัดความขุ่นได้มากที่สุด

#### 4.3.2 การศึกษาอิทธิพลของสารผสมน้ำกับน้ำมันในชั้นกรองที่มีผลต่อการสูญเสียความสูงน้ำ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

4.3.2.1. ทำการวัดความสูงน้ำของชั้นตัวกลางที่ระดับ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 เซนติเมตร ของชั้นทรายที่ไม่จับน้ำมัน (Hydrophilic Sand) โดยใช้สารผสมเบนโทไนท์ที่มีความขุ่น 30 NTU (ไม่เติมน้ำมัน) และมีอัตราความเร็วในการกรอง 10 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-ชม

4.3.2.2. ทำการวัดความสูงน้ำของชั้นตัวกลางที่ไม่จับน้ำมัน (Hydrophilic Sand) ที่ระดับ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 เซนติเมตร โดยทำการเติมสารผสมน้ำมันที่มีความเข้มข้น 2 กรัม/ชม<sup>2</sup> และ 4 กรัม/ชม<sup>2</sup> แล้ววัดความสูงน้ำดังนี้

ก) วัดความสูงน้ำของชั้นกรองที่ระดับต่าง ๆ เมื่อน้ำ  
ตัวกลางปราศจากน้ำมันและใช้น้ำเปล่าผ่านชั้นตัวกลาง

ข) วัดความสูงน้ำของชั้นกรองที่ระดับต่าง ๆ ภายหลังจาก  
จากการผ่านสารผสมน้ำมันที่มีความเข้มข้น 2 กรัม/ซม<sup>2</sup> และ 4 กรัม/ซม<sup>2</sup> แล้ว  
โดยใช้น้ำเปล่าผ่านชั้นตัวกลาง

ค) วัดความสูงน้ำของชั้นกรองที่ระดับต่าง ๆ ในเวลา  
ต่าง ๆ กัน ภายหลังจากการผ่านสารผสมน้ำมันที่มีความเข้มข้น 2 กรัม/ซม<sup>2</sup> และ  
4 กรัม/ซม<sup>2</sup> ในชั้นตัวกลางแล้วโดยใช้สารผสมเบนโทไนท์ที่มีความเข้มข้น 30 NTU  
ผ่านชั้นตัวกลาง

4.3.2.3 ทำการวัดความสูงน้ำของชั้นตัวกลางที่จับน้ำมัน  
(Oleophilic Sand) ที่ระดับ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 เซนติเมตร โดย  
ใช้สารผสมเบนโทไนท์ที่มีความเข้มข้น 30 NTU (ไม่เติมน้ำมัน) และมีอัตรา  
ความเร็วในการกรอง 10 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-ชม

4.3.2.4 ทำการวัดความสูงน้ำของชั้นตัวกลางที่จับน้ำมัน  
(Oleophilic Sand) ที่ระดับ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 เซนติเมตร  
โดยทำการเติมสารผสมน้ำมันที่มีความเข้มข้น 4 กรัม/ซม<sup>2</sup> แล้ววัดความสูงน้ำตั้ง  
การทดลองที่ 4.3.2.2 ข้อ ก) ข) และ ค)

จากข้อมูลของผลการทดลองในหัวข้อที่ 4.3.2.1 สามารถนำมาหาการ  
สูญเสียความสูงน้ำระหว่างชั้นต่าง ๆ ได้ดังตาราง 4.20 ดังนี้



เวลา (นาที)	การสูญเสียความสูงน้ำ (ซม)					หมายเหตุ
	ความลึกระหว่าง (ซม)					
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	รวม
0	7.2	7.1	7.9	8.2	8.6	39.00
30	7.8	7.6	8.4	8.5	9.1	41.40
60	8.3	8.3	8.7	9.0	9.5	43.80
90	8.8	8.7	9.1	9.4	9.8	45.80
120	9.4	9.0	9.4	9.7	10.1	47.60
150	9.9	9.5	9.6	10.0	10.3	49.30
180	10.8	9.8	9.9	10.1	10.6	51.20
210	11.4	10.3	10.1	10.3	10.8	52.90
240	12.3	10.8	10.4	10.5	11.0	55.00
270	13.7	11.3	10.6	10.7	11.2	57.50

ตารางที่ 4.20 แสดงผลการสูญเสียความสูงน้ำเนื่องจากสารผสม  
 เบนโทไนต์ที่มีความขุ่น 30 NTU ที่ระดับเวลาต่าง ๆ กันของชนกรอง โดยชน  
 กรองเป็นชนิดไม้จอบยัดน้ำมน และมีอัตราความเร็วในการกรอง 10 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-ชม

จากการทดลองในหัวข้อที่ 4.3.2.2 สามารถหาการสูญเสียความสูงน้ำ เนื่องจาก การเติมน้ำมันในชั้นตัวกลาง ทุกระดับชั้นต่าง ๆ โดยได้จากการนำค่าความสูงน้ำในหัวข้อ ข) หักด้วยค่าความสูงน้ำในหัวข้อ ก) ดังตารางที่ 4.21 และ 4.22 ดังนี้

การทดลองที่	การสูญเสียความสูงน้ำ (ซม)						
	ความลึก (ซม)						
	10	20	30	40	50	60	หมายเหตุ
ปราศจากน้ำมัน	6.7	13.2	19.5	26.6	34.5	42.3	3.2 ก)
ประกอบด้วยน้ำมัน	15.8	23.2	30.3	36.3	42.9	49.8	3.2 ข)
การสูญเสียความสูงน้ำเนื่องจากน้ำมัน	9.1	10.0	10.0	9.7	8.4	6.3	ข) - ก)

ตารางที่ 4.21 แสดงผลการสูญเสียความสูงน้ำ (Head Loss) เนื่องจากน้ำมัน (ความเข้มข้น 2 กรัม/ซม<sup>2</sup>) ภายในชั้นตัวกลางของสารกรองที่ไม่เจือปนน้ำมัน

การทดลอง	การสูญเสียความสูงน้ำ (ซม)						
	ความลึก (ซม)						
	10	20	30	40	50	60	หมายเหตุ
ปราศจากน้ำมัน	6.9	13.9	20.8	28.2	36.4	45.0	3.2 ก)
ประกอบด้วยน้ำมัน	18.7	27.9	35.3	42.1	50.0	57.8	3.2 ข)
การสูญเสียความสูงน้ำเนื่องจากน้ำมัน	11.8	14.0	14.5	13.9	13.6	12.8	ข) - ก)

ตารางที่ 4.22 แสดงผลการสูญเสียความสูงน้ำ (Head loss) เนื่องจากน้ำมัน (ความเข้มข้น 4 กรัม/ซม<sup>2</sup>) ภายในศูนย์กลางของสารกรองที่ไม่จับยึดน้ำมัน

จากค่าความสูงน้ำหัวข้อ 4.3.2.2 ค) สามารถหาการสูญเสียความสูงน้ำของชั้นกรองทมน้ำมันค้างอยู่ระดับต่าง ๆ ซึ่งเกิดจากสารผสมเบนโทไนท์ ดังตารางที่ 4.23 และ 4.24 ดังนี้



เวลา (นาที)	การสูญเสียความสูงน้ำ (ซม)					หมายเหตุ
	ความลึกระหว่าง (ซม)					
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	รวม
30	8.4	7.2	8.8	9.3	9.6	43.30
60	9.5	8.0	9.2	10.1	10.2	47.00
90	10.6	8.5	9.6	10.5	10.8	50.00
120	12.0	9.0	10.0	10.6	11.3	52.90
150	13.4	9.7	10.2	11.2	11.3	55.80
180	14.9	10.3	10.7	11.5	11.5	58.90
210	16.7	10.9	11.2	11.8	11.9	62.50
240	18.2	11.8	11.6	12.1	12.2	65.90
270	20.4	12.7	12.0	12.6	12.5	70.20

ตารางที่ 4.23 แสดงการสูญเสียความสูงน้ำเนื่องจากสารผสม  
 เบนโทไนท์ความเข้มข้น 30 NTU ทุกระดับต่าง ๆ ของชนกรองทม้ำมันคางอยู่  
 (สารผสมน้ำมันเข้มข้น 2 กรัม/ซม<sup>2</sup>) โดยชนกรองเป็นชนิดไม้จบบัดน้ำมัน  
 และมีอัตราความเร็วในการกรอง 10 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-ชม

เวลา (นาท)	การสูญเสียความสูงน้ำ (ซม)					หมายเหตุ
	ความลึกระหว่าง (ซม)					
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	รวม
30	9.6	7.0	10.9	9.5	9.7	46.70
60	11.2	9.7	9.8	10.9	9.1	50.70
90	12.9	10.2	10.3	10.4	10.5	54.30
120	14.5	10.5	10.4	10.6	10.7	56.70
150	16.7	11.3	10.9	11.0	10.8	60.70
180	18.9	12.0	11.2	11.1	11.0	64.20
210	21.4	12.7	11.7	11.5	11.2	68.50
240	27.9	13.6	11.9	11.7	11.7	76.80
270	26.2	14.5	12.5	11.9	12.0	77.10

ตารางที่ 4.24 แสดงการสูญเสียความสูงน้ำเนื่องจากลารผสม  
เบนโทไนท์ความเข้มข้น 30 NTU ทุกระดับต่าง ๆ ของชั้นกรองทม้ำนค้างอยู่  
(สารผสมน้ำนเข้มข้น 4 กรัม/ซม<sup>2</sup>) โดยชั้นกรองเป็นชนิดไม้จิบยค้ำน้ำน และมี  
อัตราความเร็วในการกรอง 10 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-ซม

จากการเปรียบเทียบค่าการสูญเสียความสูงน้ำ ระหว่างตัวกลางที่ไม่  
เติมน้ำน กับชั้นตัวกลางที่ไดรับการเติมน้ำน ดังตารางที่ 4.20 และ 4.23  
นพบว้ในชั้นตัวกลางระหว่าง 10-20 เซนติเมตร การสูญเสียความสูงน้ำระหว่าง  
ตัวกลางทม้ำนและไม้ม้ำน มีความแตกต่างกันมาก โดยในตัวกลางทม้ำน  
จะมีค่าการสูญเสียความสูงน้ำมากกว่า ซึ่งอาจเนื่องมาจากการที่ชั้นตัวกลางระดับ  
นสามารถกรองสารเบนโทไนท์ได้มากชน ลวนในชนระดับอน ๆ ของชั้นตัวกลาง  
ทง 2 ชั้น การสูญเสียความสูงน้ำไม่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนนัก

เช่นเดียวกันกับการเปรียบเทียบค่าการสูญเสียความสูงน้ำระหว่างชั้นตัวกลางที่ได้รับการเติมน้ำมันด้วยความเข้มข้น 2 กรัม/ซม<sup>2</sup> และ 4 กรัม/ซม<sup>2</sup> ดังตารางที่ 4.23 และ 4.24 จะพบว่าในชั้นตัวกลางที่ระดับ 10-20 เซนติเมตร ณ เวลาต่าง ๆ ค่าการสูญเสียความสูงน้ำในชั้นตัวกลางที่ได้รับการเติมน้ำมัน 4 กรัม/ซม<sup>2</sup> มีค่ามากกว่า ซึ่งอาจเนื่องจากความเข้มข้นของน้ำมันที่เพิ่มขึ้นมีส่วนให้ประสิทธิภาพการจับสารเบนโทไนท์ได้ดีขึ้น

ในส่วนของชั้นตัวกลางที่ระดับอื่น ๆ การสูญเสียความสูงน้ำระหว่างชั้นที่ระดับต่าง ๆ ไม่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งอาจเนื่องมาจากการที่ไมมน้ำมันอยู่ในระดับนั้นเลย

จากการทดลองที่หัวข้อที่ 4.3.2.3 สามารถหาค่าการสูญเสียความสูงน้ำในชั้นตัวกลางที่จดยค่น้ำมัน เนื่องจากการเติมน้ำมันในชั้นตัวกลางได้ ดังตารางที่ 4.25 ดังนี้

การทดลอง	การสูญเสียความสูงน้ำ (ซม)						
	ความลึก (ซม)						
	10	20	30	40	50	60	หมายเหตุ
ปราศจากน้ำมัน	8.1	15.1	22.1	30.3	39.1	47.8	
ประกอบด้วยน้ำมัน	24.2	30.3	36.9	45.6	53.3	60.7	
การสูญเสียความสูงน้ำเนื่องจากน้ำมัน	10.1	15.2	14.8	15.3	14.2	12.9	

ตารางที่ 4.25 แสดงการสูญเสียความสูงน้ำเนื่องจากน้ำมัน (ความเข้มข้น 4 กรัม/ซม<sup>2</sup>) ภายในชั้นตัวกลางของสารกรองที่จดยค่น้ำมัน



จากตารางที่ 4.25 สามารถหาการสูญเสียความสูงน้ำเนื่องจากสสาร  
เบนโทไนท์ ในชั้นตัวกลางชนิดจยค่น้ำมันค่างอยดั่งตารางที่ 4.26-ดั่งน

เวลา (นาท)	การสูญเสียความสูงน้ำ (ซม)					หมายเหตุ
	ความลึกระหว่าง (ซม)					
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	รวม
30	7.6	10.0	7.5	10.2	9.7	45.00
60	7.9	12.6	6.6	11.2	10.5	48.80
90	12.2	10.9	9.2	11.6	10.9	54.80
120	14.5	10.6	9.7	11.9	11.3	58.00
150	16.5	10.9	9.9	12.4	11.6	61.30
180	17.8	12.1	10.5	12.8	11.1	64.30
210	19.6	13.1	11.0	13.0	12.1	68.80
240	21.7	13.9	11.2	13.9	13.3	74.00

ตารางที่ 4.26 แสดงค่าการสูญเสียความสูงน้ำเนื่องจากสสาร  
เบนโทไนท์ระดับต่าง ๆ ของชั้นกรองทมน้ำมันค่างอย (สสารผสมน้ำมัน  
ความเข้มข้น 4 กรัม/ซม<sup>2</sup>) โดยชั้นกรองเป็นชนิดจยค่น้ำมัน

จากตารางที่ 4.26 จะพบว่าในชั้นตัวกลางที่จยค่น้ำมัน การสูญเสีย  
ความสูงน้ำระดับชั้นต่าง ๆ ยังคงมีลักษณะเช่นเดิม คือมีการสูญเสียความสูงน้ำ  
ที่ชั้นระดับ 10-20 เซนติเมตรมากที่สุด โดยจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาซึ่งอาจจะ  
เนื่องจากที่ระดับชั้นแปรสภาพการกรองสสารเบนโทไนท์มีประสิทธิภาพสูงสุด  
จึงทำให้ค่าการสูญเสียแรงดันหัวน้ำที่ชั้นนี้มีค่าสูงสุด ณ เวลาต่าง ๆ และเมื่อ

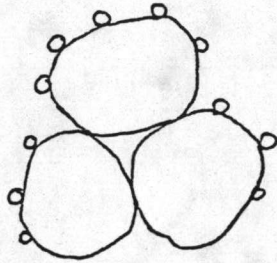
เปรียบเทียบค่าการสูญเสียแรงดันหน้าของชนตากลางชั้น กับชนตากลางชั้นไม้  
 จับยัดน้ำมันแล้ว (จากตาราง 4.20) ค่าการสูญเสียแรงดันหน้าของสารชน  
 ตากลางทั้ง 2 ชั้นไม้แตกต่างกัน

จากการทดลองในหัวข้อ 4.3.2.1, 4.3.2.2, 4.3.2.3, 4.3.2.4  
 จึงอาจสรุปได้ดังนี้

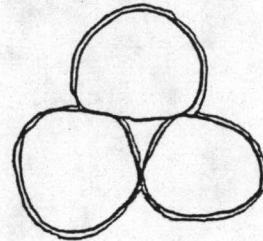
1) ในชนตากลาง (ทั้งชนิดที่จบบัดน้ำมันและไม่จบบัดน้ำมัน) เมื่อได้  
 รับการผ่านสารผสมน้ำมันจำนวนหนึ่งให้ค้างอยู่ในตากลางนั้น จะทำให้ค่าการ  
 สูญเสียความสูงน้ำ เนื่องจากสารแขวนลอยเบนโทไนท์ ในชนตากลางระดับ  
 ต่าง ๆ มีค่ามากกว่าตากลางที่ไม่ได้รับการผ่านด้วยสารผสมน้ำมัน โดยเฉพาะ  
 อย่างยิ่งในชนตากลางระดับระหว่าง 10-20 เซนติเมตร ซึ่งอาจเนื่องมาจาก  
 ประสิทธิภาพการกรองของชนตากลางที่ได้รับการผ่านด้วยสารผสมน้ำมัน มีประ  
 สิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นจากชนตากลางที่ไม่ได้รับการผ่านด้วยสารผสมน้ำมัน

2) ปริมาณความเข้มข้นของสารผสมน้ำมันที่ผ่านชนตากลาง เมื่อมี  
 ความเข้มข้นมากขึ้น ค่าการสูญเสียความสูงน้ำเนื่องจากสารแขวนลอยเบนโทไนท์  
 จะเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งอาจเนื่องมาจากปริมาณน้ำมันในชนตากลางที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพ  
 ในการกรองของชนตากลางจึงมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3) คุณสมบัติของสารชนกรองชนิดไม่จบบัดน้ำมัน และชนิดจบบัดน้ำมัน  
 นั้นเมื่อได้รับการผ่านด้วยสารผสมน้ำมัน ค่าการสูญเสียความสูงน้ำเนื่องจากสาร  
 แขวนลอยเบนโทไนท์แตกต่างกัน ซึ่งอาจเนื่องมาจากปริมาณน้ำมันที่ค้าง  
 ในชนตากลางทั้ง 2 มีปริมาณใกล้เคียงกัน ต่างกันเพียงการเกาะติดระหว่าง  
 อนุภาคน้ำมันกับชนตากลาง ดังรูปที่ 4.4 ดังนั้นการสูญเสียความสูงน้ำเนื่องจาก  
 สารแขวนลอยเบนโทไนท์ จึงไม่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด



ชั้นตัวกลางไม่จับยค่น้ำมัน



ชั้นตัวกลางที่จับยค่น้ำมัน

รูปที่ 4.19 แสดงลักษณะการเกาะตัวของอนุภาคน้ำมันในชั้นตัวกลาง  
ชนิดไม่จับยค่น้ำมัน และในชั้นตัวกลางที่จับยค่น้ำมัน