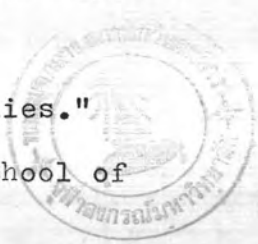


เอกสารอ้างอิง

1. วจี วัฒนรงค์. "ปัญหาเหล็กในน้ำบาดาล" วารสารสมาคมการประปาแห่งประเทศไทย 2 (ฉ.ย. 2517) : 81 - 92.
2. อนามัย, กรม, กองประปาชนบท, "ปัญหาการก่อสร้างประปาชนบท." กองประปาชนบท, กรุงเทพมหานคร, 2527.
3. American Water Works Association. Water Quality and Treatment, 2nd ed., American Water Works Association, New York, 1951.
4. APHA, AWWA, and CSSE. Standard Method for the Examination of Water and Waste Water. 13th ed., American Public Health Association, New York, 1974.
5. Applebun, S.B., and Bretchgen, M.E. "Removal of Iron and Manganese from Water." Journal AWWA 3 (1916) : 400
6. Babcock, R.H. "Iron and Manganese Removal by Spaulding Precipitator." Journal AWWA 64 (1950) : 138 - 147.
7. Belz, W.H. & L.D. Belz Handbook of Industrial Water Conditioning. 3rd ed., Philadelphia 24, Pennsylvania, 1950.
8. Bolas, P. "Some Experiences in Iron and Manganese Removal Using Catalytic Sludge Blankets." Journal of the Inst. of Water Engineers 19 (July 1965) : 531 - 538.
9. Brown, R.L. "Aeration Experiments at Memphis, Tenn." Journal AWWA 44 (April 1952) : 336 - 344.
10. Carl L. Hamann, and Ross E. McKinney "Upflow Filtration Process." Journal AWWA (Sep. 1968) : 1023 - 1031.

11. Clark, Viessman, Jr., and Hammer Water Supply and Pollution Control, 2nd ed., pp. 366 - 367, International Textbook, Pennsylvania, 1971.
12. Donaldson, W. "Aeration Experiments for Removal of Carbonic Acid." Engineering News Rec. 90 (May 1923) : 874.
13. Engelbrecht, R.S., O'Connor, J.T. & Ghost, M. "Iron Removal by Aeration and Filtration." Water and Sewage Works Journal 114 (April 1965) : 123 - 128.
14. Fricks, Paul, W. "The Control of Iron and Manganese in Filter Sand." Journal AWWA 25 (June 1933) : 1537 - 1550.
15. George, A.D., and Chaudhuri, M. "Removal of Iron from Ground Water by Filtration through Coal." Journal AWWA (July 1977) : 385 - 389.
16. Ghosh, M.M., O'Connor, J.T., and Engelbretcht, R.S. "Precipitation of Iron in Aerated Ground Water." J. San. Engng. Div., Proc. Am. Soc. Civ. Engrs. 92 (1966) : 199 - 213.
17. Hauer, Gerald E. "Iron and Carbon Dioxide Removal." Journal AWWA 42 (June 1950) : 555 - 561.
18. Komolrit, K. "Measurement of Redox Potential and Determination of Ferrous Iron in Ground Water." Master's Thesis, Department of Sanitary Engineering, University of Illinois, 1962.
19. Limrat, S. "An Investigation into the use of Tray Aerator for Iron Removal." Master's Thesis No. 224, AIT Graduate School of Engineering, Bangkok, 1968.
20. Longley, J.M., Engelbrecht, R.S., and Margrave, G.E. "Laboratory and Field Studies on the treatment of

- Iron bearing Water." Journal AWWA 54 (1962) : 731 - 745.
21. Mathews, E.R. "Iron and Manganese Removal by Residual Chlorination." Journal AWWA 39 (July 1947) : 680 - 686.
22. Mc. Crachen, R.A. "Study of Colour and Iron Removal by means of Pilot Plant at Amesbery." Journal NEWWA 75 (1960) : 102 - 114.
23. Metcalf & Eddy, Inc. Wastewater Engineering. 2nd ed., Tata McGraw - Hill, New Delhi, 1979.
24. M.J. Shoemaker "Modern Iron Removal Filter Plants." Johnson Nat'l. Drillers' Journal 7 (July - August 1935) : 4 - 5.
25. Moore, E.W., and Snow, E.A. "Study on the Removal of Iron and Manganese from Water." Journal NEWWA 56 (1942) : 320.
26. Oldham, W.K., and Gloyna, E.F. "Effects of Coloured Organic on Iron Removal." Journal AWWA 61 (Nov. 1969) : 610 - 614.
27. Prakit "Effects of Aerator Loadings on Iron Removal in Rapid Sand Filter." Master's Thesis, Department of Sanitary Engineering, Graduate School, Chulalongkorn University, 1979.
28. Robinson, Jr., L.R. "The effect of Organic Materials on Iron Removal in Ground Water." Water and Sewage Works Journal 114 (Oct. 1967) 377 - 382.
29. Robinson, Jr., L.R. "Iron and Manganese Precipitation in Low Alkalinity Ground Waters." Water and Sewage Works Journal 115 (Nov. 1968) : 514 - 518.

30. Rose, H.E., and Rizk, A.M.A. Proc. Instn. of Mech. Engrs.,
160 (1949) : 493.
31. Sawyer, C.N., and Mc. Carty, P.L. Chemistry for Sanitary
Engineering. 2nd ed., McGraw - Hill, New York, 1967.
32. T.F. Craft "Review of Rapid Sand Filtration Theory."
Journal AWWA 58 (April 1966) : 428 - 439.
33. Uthaiphatrakul Montri " Iron Removal from Underground Water
by Electrical Means." Master's Thesis, Department of
Sanitary Engineering, Graduate School, Chulalongkorn
University, 1974.
34. Vitayaudom, Veera, "Iron Removal from Water Supplies."
Master's Thesis No. 189, Seato Graduate School of
Engineering, Bangkok, 1967.
35. Walker, Rodger. Water Supply Treatment and Distribution.
Prentice - Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1978.
36. Weston, R.S. "The Purification of Ground Water Containing
Iron and Manganese." Trans. Am. Soc. Civ. Engr. 64
(1909) : 112 - 207.
37. Weston, R.S. "Some Experiences in the Defferization and
Demanganization of Water." Journal NEWWA 28 (Dec. 1914)
: 27 - 59.
38. Willey, B.F., and Jennings, H. "Iron and Manganese Removal
with Potassium Permanganate." Journal AWWA 55
(June 1963) : 729 - 734.
39. Yukpan, Wattana "The Use of Potassium Permanganate for Iron
Removal in Water Treatment." Master's Thesis.
Department of Sanitary Engineering. Graduate School,
Chulalongkorn University, 1973.
- 

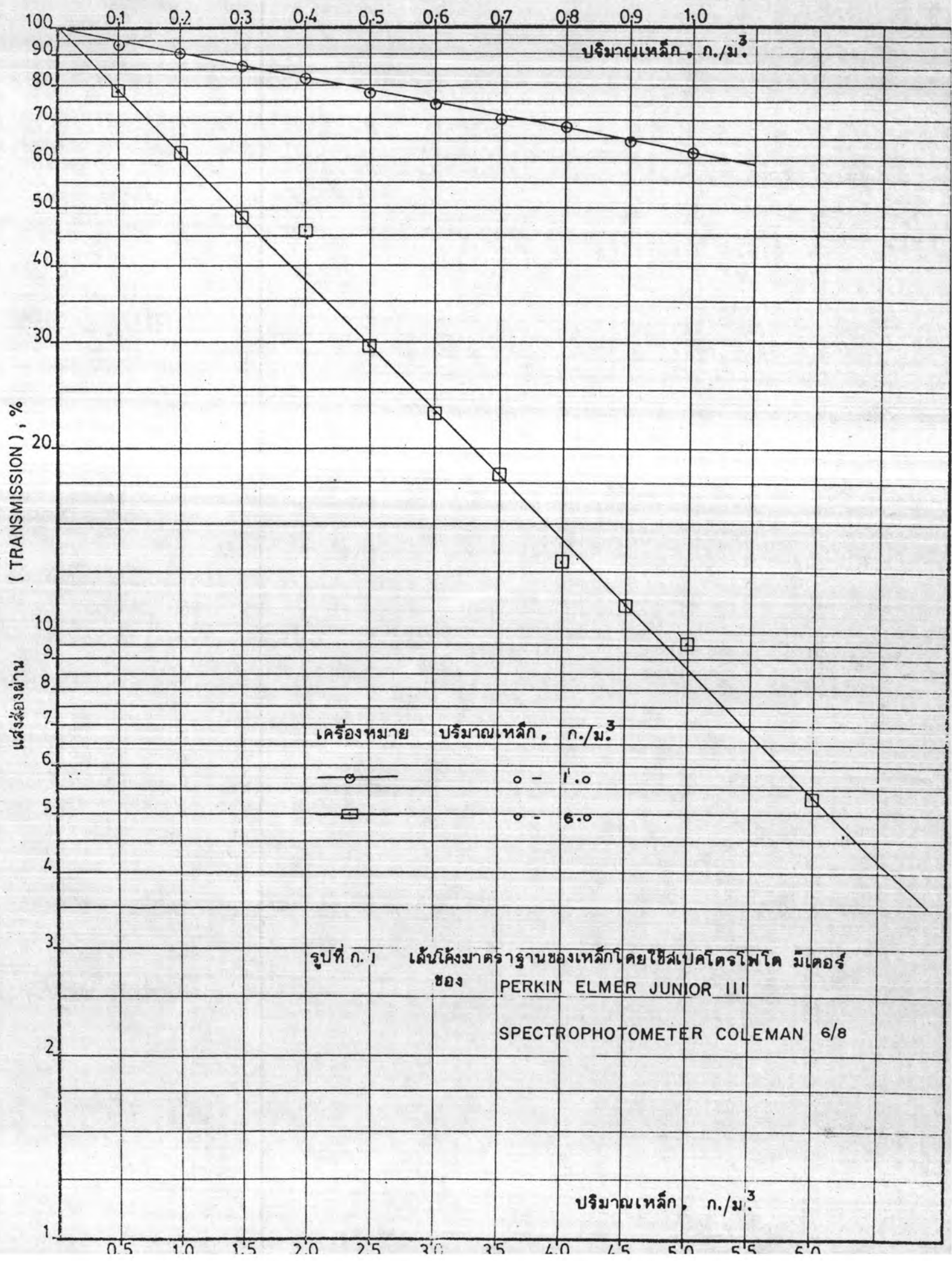
ภาคผนวก ก.
เส้นโค้งมาตรฐานของเหล็กที่ใช้ในการวิจัย

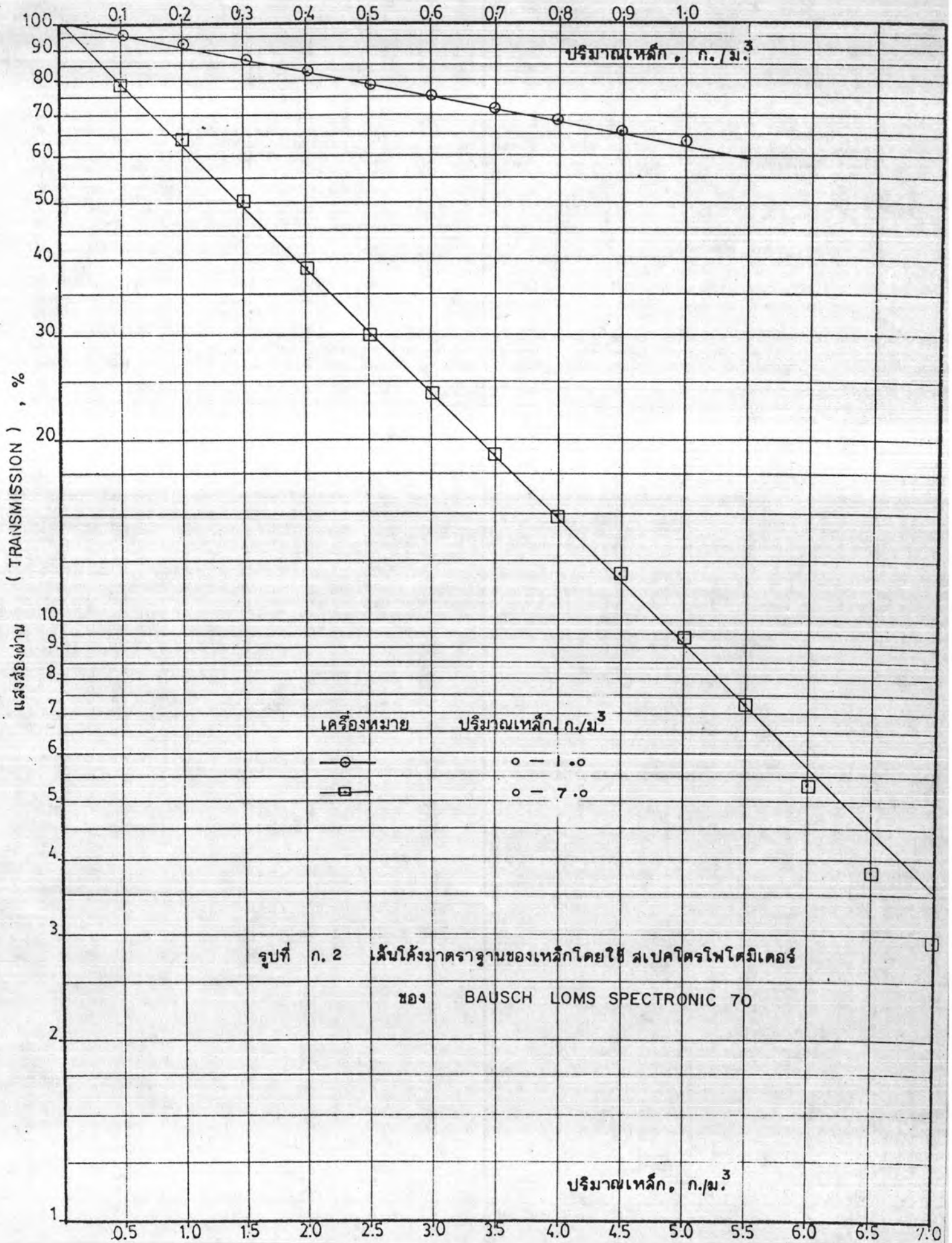
ตารางที่ ก. 1 ข้อมูลในการทำเส้นโค้งมาตรฐานของเหล็กโดยใช้
สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ของ PERKIN ELMER
JUNIOR III Spectrophotometer
COLEMAN 6/8

ปริมาณเหล็ก (Iron Content) ก./ม. ³	แสงส่องผ่าน (Transmission) %	ปริมาณเหล็ก (Iron content) ก./ม. ³	แสงส่องผ่าน (Transmission) %
0	100	0	100
0.1	93.0	0.5	77.8
0.2	90.0	1.0	61.7
0.3	86.2	1.5	48.3
0.4	82.5	2.0	46.0
0.5	78.0	2.5	29.7
0.6	74.5	3.0	22.9
0.7	70.2	3.5	18.2
0.8	68.1	4.0	13.0
0.9	64.6	5.0	9.0
1.0	62.0	6.0	5.3

ตารางที่ ก. 2 ข้อมูลในการหาเส้นโค้งมาตรฐานของเหล็กโดยใช้
สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ของ BAUSCH & LOMS
SPECTRONIC 70

ปริมาณเหล็ก (Iron content) ก./ม. ³	แสงส่องผ่าน (Transmission) %	ปริมาณเหล็ก (Iron content) ก./ม. ³	แสงส่องผ่าน (Transmission) %
0	100	0	100
0.1	95.0	0.5	78.8
0.2	91.8	1.0	63.2
0.3	87.0	1.5	50.2
0.4	83.0	2.0	38.8
0.5	78.8	2.5	30.0
0.6	75.2	3.0	23.9
0.7	71.8	3.5	18.9
0.8	68.8	4.0	14.8
0.9	66.0	4.5	11.8
1.0	63.2	5.0	9.3
		5.5	7.2
		6.0	5.3
		7.0	2.9





ภาคผนวก ข.

ผลการวิเคราะห์ขนาดทรายกรองของระบบการกรองแบบไหลขึ้น

ตารางที่ ข. 1 ผลการวิเคราะห์ขนาดทรายกรองของระบบการกรองแบบไหลขึ้น
ในแบบทดลอง

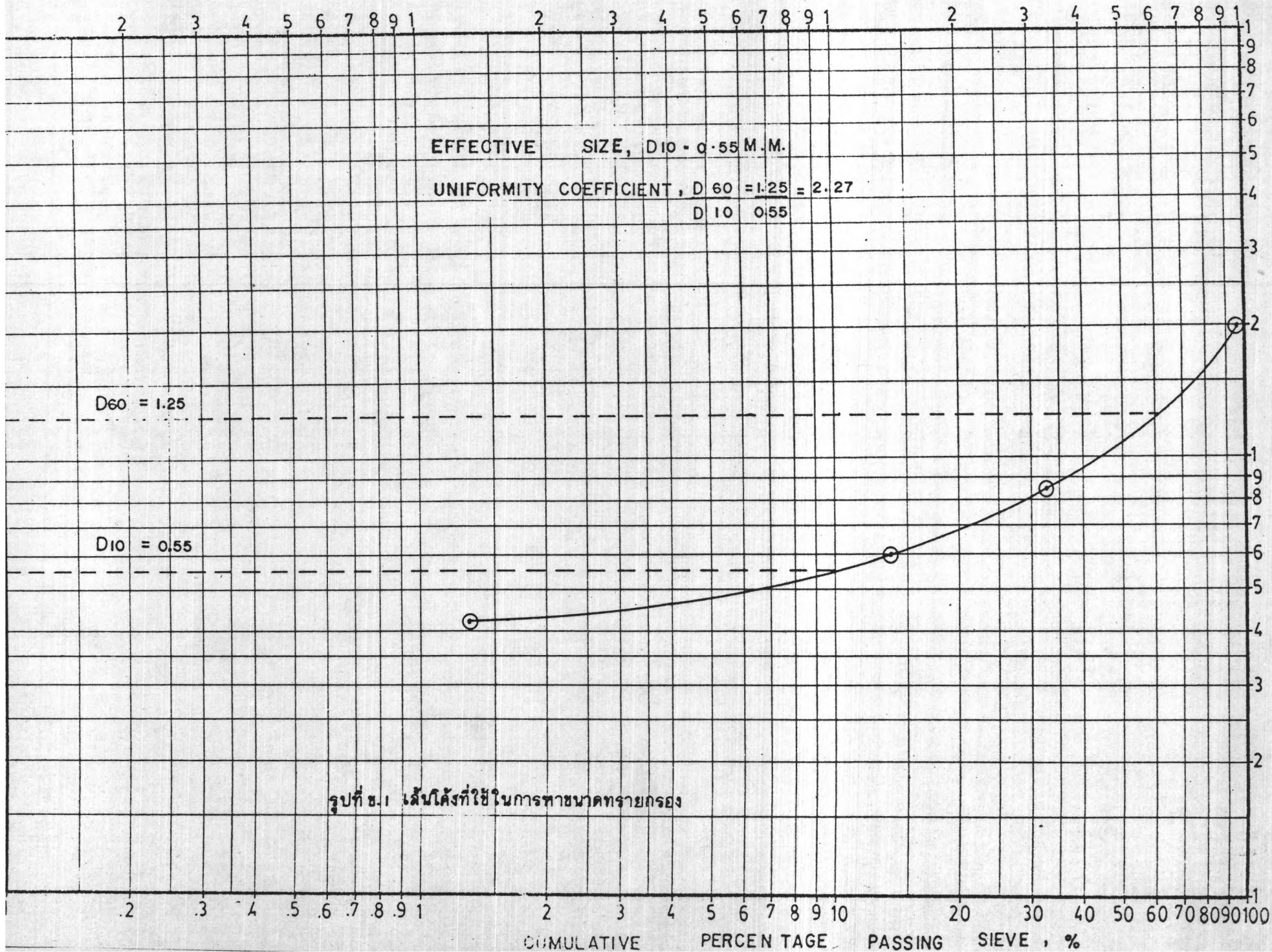
ผลการวิเคราะห์ขนาดทรายกรองในงานวิจัย เก็บตัวอย่าง เมื่อ 20 ส.ค. 2525		สำหรับ งานวิจัยเรื่อง การกำจัดเหล็กใน น้ำบาดาลโดยการกรองแบบไหลขึ้น				
ตะแกรงเบอร์	รูตะแกรง	น้ำหนักทรายตัวอย่าง 480.8 กรัม				
	มิลลิเมตร	น้ำหนักทราย และ ตะแกรง (กรัม)	น้ำหนัก ตะแกรง (กรัม)	น้ำหนัก ที่ค้างบน ตะแกรง (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักที่ ค้างบน ตะแกรง	เปอร์เซ็นต์ น้ำหนัก ที่ผ่าน ตะแกรง
8	2.380	636.1	636.1	-	-	100
10	2.000	554.4	538.7	15.7	3.3	96.7
20	0.841	807.9	499.5	308.4	64.1	32.6
30	0.595	576.2	485.0	91.2	19.0	13.6
40	0.420	557.3	497.9	59.4	12.3	1.3
	-	409.0	402.9	6.1	1.3	-

- หมายเหตุ 1) รูตะแกรงเทียบเท่า Sieve Diameter
2) เปอร์เซนต์น้ำหนักที่ผ่านตะแกรง คือ % Cumulative passing sieve

ผลการทดลอง จากรูปที่ ข. 1

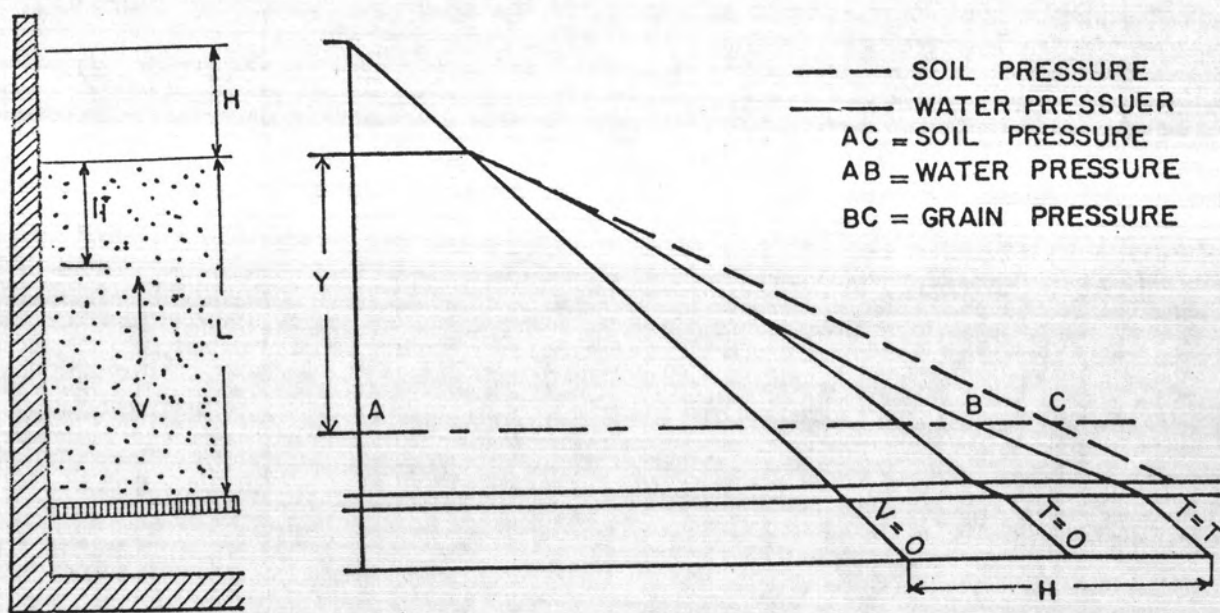
$$\text{Effective size} = 0.55 \quad . \quad (\text{O.K.})$$

$$\text{Uniformity coefficient} = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{1.25}{0.55} = 2.27 \quad (\text{O.K.})$$



ภาคผนวก ค.

ค่าความถี่ของตัวกรองสูงสุดที่ยอมรับของระบบการกรองแบบไหลขึ้น



รูปที่ ค.1 แสดงการกระจายของความดันในตัวกรองของระบบการกรองแบบไหลขึ้น

ค่าความเค้นของตัวกรองสูงสุดที่ยอมรับของระบบการกรองแบบไหลขึ้น

รูปที่ ค. 1 แสดงความเค้นในตัวกรองที่ระดับต่าง ๆ ของระบบการกรองแบบไหลขึ้น เส้นกราฟเวลา $t = 0$ เป็นเส้นโค้งเว้าเข้ามาไม่เป็นเส้นตรง เส้นกราฟเวลา $t = t$ ตัวกรองอุดตัน เป็นเส้นโค้งมีรูปร่างเหมือนตัวอักษรภาษาอังกฤษ

ความเค้นในตัวกรองที่ระยะ y จากผิวตัวกรองตอนบนแสดงโดยเส้นประ มีค่าเท่ากับผลรวมของน้ำหนักน้ำที่อยู่เหนือตัวกรอง, น้ำหนักน้ำในระหว่างตัวกรอง และ น้ำหนักตัวกรอง ดังในสมการที่ 1 ซึ่งเป็นสมการของ Huisman

$$\sigma_s = \rho_w g h + \rho_w g p y + \rho_f g (1 - p) y \dots\dots\dots(1)$$

เมื่อ σ_s = ความเค้นในตัวกรองที่ระยะ y จากผิวตัวกรองตอนบน

ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ

ρ_f = ความหนาแน่นของตัวกรอง

g = อัตราเร่งของแรงดึงดูดของโลก

h = ระดับน้ำเหนือตัวกรองตอนบน

p = ความพรุนของตัวกรอง

ความเค้นรวมมีค่าเท่ากับผลต่างของความเค้นในตัวกรองกับความเค้นของน้ำ
ดังในสมการที่ 2

$$\sigma_g = \sigma_s - \sigma_w \dots\dots\dots (2)$$

เมื่อ σ_g = ความเค้นรวม

σ_s = ความเค้นในตัวกรอง

σ_w = ความเค้นของน้ำ

ณ ที่เวลา $t = 0$ ความเค้นรวมจะเพิ่มขึ้นตามความลึกโดยวัดจากผิวตัวกรองตอนบนกรองลงไป และระหว่างการกรองความเค้นของตัวกรองจะมีค่าคงที่แต่ความเค้นของ

น้ำจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากเริ่มมีการอุดตันในตัวกรอง และที่เวลา $t = t$ ความดันรวมส่วนล่างสุดของตัวกรองมีค่าดังในสมการที่ 3

$$\sigma_g = [\rho_w g h + \rho_w g p L + \rho_f g (1 - p) L] - [\rho_w g (L+h) + \rho_w g H] \dots (3)$$

สมการที่ 3 สามารถทำให้เป็นสามารถอย่างง่าย ดังในสมการที่ 4

$$\sigma_g = (\rho_f - \rho_w) g (1 - p) L - \rho_w g H \dots (4)$$

- เมื่อ L = ความหนาของตัวกรอง
- H = ความลึกของตัวกรอง

ณ จุดที่ค่าความลึกของตัวกรองสูงสุด จะทำให้ความดันรวมมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้น จากสมการที่ 4 สามารถนำมาเขียนใหม่และมีผลลัพธ์ดังในสมการที่ 5

$$H_m = \frac{\rho_f - \rho_w}{\rho_w} (1 - p) L \dots (5)$$

- เมื่อ H_m = ค่าความลึกของตัวกรองสูงสุดที่ยอมรับ
- ρ_f = ความหนาแน่นของตัวกรอง
- ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ
- p = ความพรุนของตัวกรอง
- L = ความหนาของตัวกรอง

จากแบบทดลองดังกรอง ตัวกรองที่ใช้เป็นทราย มีความหนาแน่น 2,600 ก.ก./ม.³ มีความพรุนของทราย 43 % และมีความหนาของทรายกรอง 1.20 เมตร ดังนั้น จะได้ว่า

ค่าความลึกของตัวกรองสูงสุดที่ยอมรับ, H_m

$$H_m = \frac{2,600 - 1,000}{1,000} (1 - 0.43) (1.20)$$

$$= 1.09 \text{ เมตร}$$

$$\text{หรือ } H_m = 109 \text{ ซม.}$$

หมายเหตุ ความหนาแน่นของน้ำ 1,000 ก.ก./ม.³

ประวัติของผู้เขียน



ผู้เขียนเกิดเมื่อวันที่ 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2495 ที่ กรุงเทพมหานคร ได้รับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาโยธา จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ วิทยาเขตธนบุรี ในปีการศึกษา 2519

ปัจจุบันรับราชการที่ กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ในตำแหน่งวิศวกรตรวจโรงงาน 4