บรรณานุกรม

อุดร แก่นสาร (2550) "การอัดตัวระบายน้ำของดิน โดยใช้แถบทางระบายที่เตรียมไว้ก่อน". รายงานโครงงานทางวิศวกรรมศาสตร์. ภาควิชาโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Basu, D., and Prezzi, M. (2007). "Effect of Smear and Transition Zones around Prefabricated Vertical Drains Installed in a Triangular Pattern on the Rate of Soil Consolidation" *International Journal of Geomechanics., American Society of Civil Engineers.* Jan. /Feb. pp.33-34 .

Bergado, D. T., Alfaro, M. C., and Balasubramanniam. A. S. (1993). "Improvement of Bangkok clay using vertical drains." *Geotextile and Geomembrane.,* 12(7), pp.615-663.

Bergado. D. T., Asakami. H., Alfaro, M. C., and Balasubramanniam. A. S. (1991). Smear effects of vertical drains on soft Bangkok clay. *Journal of Geotechnical Engineering Division. Amerrican Society of Civil Engineerings* ., Vol. 117, No. 10, pp. 1509-1529.

Casagrande. L., and Poulos, S. (1969). "on the effectiveness of sand drains." *Canadian Geotechnical Journal.,* 6(3), pp.287-326.

Kjellman, W. (1948) "Consolidation of Fine-Grained Soil by Drain Wells", *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, Vol.113, paper No.2346, pp.718-754. Contribution to the Discussion.

Hansbo, S. (1981). "Consolidation of fine-grained soils by prefabricated drain." *Proceedings of the 10th International Conference on Soil Mechanics and Foundations Engineering*, Stockholm, Sweden, Vol. 3, pp.677-682.

Hansbo, S. (1986). "Preconsolidation of soft compressible subsoil by the use of prefabricated vertical drains". *Annales des Travaux Publics de Belgique*, No. 6, pp.553-563.

Hansbo, S. (1987). "Design aspects of the vertical drains lime column installations." *Proceedings of the 9th Southeast Asian Geotechnical Conferrence.*, Bangkok, Thailand, pp.1-12.

Hird, C. C., and Moseley, V. J. (2000). "Model study of seepage in smear zone around vertical drains in layered soil." *Geotechnique,* 50(1), 89-87.

Madhav, M. R., Park, Y.-M., and Miura, N. (1993). "Modelling and study of smear zones around band shaped drains." *Soils and Foundation.*, 33(4), pp.135-147.

Onuue, A., Ting, N.-H., Germaine, J. T., and Whitman, R. V. (1991). "Permeability of disturbed zone around vertical drains." *Geotechnical Special Publication.*, No. 27, pp.897-890.

Terzaghi, K. (1943). Theoretical Soil Mechanics, John Wiley and Sons, New York.

Taesiri, Y.,(1976) "Consolidation of Characteristics of Rangsit Clay", Thesis No. 918, Asian Institute of Technology, Bangkok,Thailand.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

จากการวิเคราะห์หาอัตราการอัดตัวระบายน้ำตามแนวราบเฉลี่ย $(\overline{U})$ ของชั้นดินที่ปรับปรุงเสถียรภาพโดยใช้น้ำหนักบรรทุกกดทับก่อนก่อสร้าง พร้อมทั้งติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปโดยการวิเคราะห์ได้แบ่งตามวิธีการติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปดังนี้

1. ขนาดแบบ *(Mandrel)* หน้าตัดสี่เหลี่ยม กว้าง *(a)* x ยาว *(d)* = 150 x 50 มม., 150 x 150 มม.
2. ขนาดของผิวเสียดสี บ่งบอกด้วยตัวแปรเสริมบริเวณผิวเสียดสี *(p)* = 2, 3
3. อัตราส่วนสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสีต่อสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_s/k_o) = 0.001, 0.01, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0
4. ระยะห่างระหว่างแถบ *(S)* = 1, 2, 3 เมตร

ตาราง ก.1 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 50มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p=2 ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 1.00 ม. หน้าตัดแถบทางระบายน้ำมีความกว้าง 100มม. หนา 4 มม.

ตัวประกอบเวลา (T)	อัตราส่วน ส.ป.ส. การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) / ส.ป.ส. การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_o)					
	$k_s / k_o = 1$	$k_s / k_o = 0.5$	$k_s / k_o = 0.2$	$k_s / k_o = 0.1$	$k_s / k_o = 0.01$	$k_s / k_o = 0.001$
0.001	1.09	0.72	0.40	0.24	0.05	0.03
0.002	1.72	1.12	0.64	0.41	0.07	0.03
0.003	2.26	1.47	0.83	0.54	0.10	0.03
0.004	2.76	1.79	0.99	0.65	0.12	0.03
0.005	3.22	2.09	1.15	0.75	0.14	0.04
0.006	3.66	2.38	1.30	0.84	0.17	0.04
0.007	4.08	2.66	1.44	0.92	0.19	0.04
0.008	4.49	2.94	1.58	1.00	0.21	0.04
0.009	4.89	3.21	1.72	1.08	0.23	0.05
0.010	5.28	3.48	1.86	1.16	0.25	0.05
0.020	8.84	5.96	3.16	1.90	0.42	0.07
0.030	12.06	8.27	4.41	2.60	0.55	0.10
0.040	15.08	10.48	5.63	3.30	0.66	0.12
0.050	17.96	12.61	6.82	3.99	0.76	0.14
0.060	20.73	14.67	7.99	4.67	0.85	0.17
0.070	23.40	16.68	9.14	5.34	0.93	0.19
0.080	25.97	18.64	10.28	6.01	1.02	0.21
0.090	28.45	20.56	11.40	6.67	1.10	0.23
0.100	30.85	22.42	12.51	7.33	1.18	0.25
0.200	50.82	38.84	22.86	13.66	1.97	0.42
0.300	65.02	51.78	31.98	19.56	2.75	0.55
0.400	75.13	61.98	40.03	25.06	3.52	0.66
0.500	82.31	70.02	47.12	30.18	4.29	0.76
0.600	87.42	76.37	53.37	34.95	5.05	0.85
0.700	91.05	81.37	58.89	39.39	5.80	0.94

ตาราง ก.1 (ต่อ)

ตัวประกอบเวลา (T)	อัตราส่วน ส.ป.ส. การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) / ส.ป.ส. การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_o)					
	k_s / k_o = **1**	k_s / k_o = **0.5**	k_s / k_o = **0.2**	k_s / k_o = **0.1**	k_s / k_o = **0.01**	k_s / k_o = **0.001**
0.800	93.64	85.31	63.75	43.53	6.55	1.02
0.900	95.47	88.42	68.04	47.39	7.30	1.10
1.000	96.78	90.87	71.82	50.98	8.04	1.18
2.000	99.89	99.15	91.99	75.85	15.10	1.98
3.000	100.00	99.92	97.73	88.10	21.61	2.77
4.000	100.00	99.99	99.35	94.13	27.63	3.55
5.000	100.00	100.00	99.82	97.11	33.19	4.33
6.000	100.00	100.00	99.95	98.58	38.32	5.10
7.000	100.00	100.00	99.99	99.30	43.05	5.87
8.000	100.00	100.00	100.00	99.65	47.42	6.63
9.000	100.00	100.00	100.00	99.83	51.46	7.38
10.000	100.00	100.00	100.00	99.92	55.19	8.12

$$T = \frac{C_h t}{d^2_{ceq}}$$

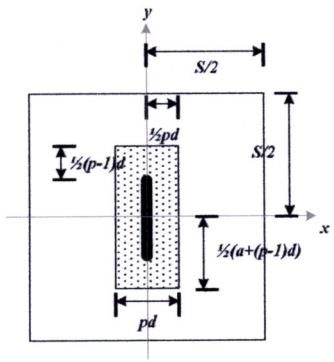
C_h = สัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำตามแนวราบ

$$d_{ceq} = \frac{2S}{\sqrt{\pi}}$$

S = ระยะห่างระหว่างแถบทางระบายน้ำ

t = เวลา

a, d = ขนาดของแบบ (Mandrel)



ตาราง ก.2 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 50มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p=2 ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 2.00 ม. หน้าตัดแถบทางระบายน้ำมีความกว้าง 100มม. หนา 4 มม.

ตัวประกอบเวลา (T)	อัตราส่วน ส.ป.ส. การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) / ส.ป.ส. การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_o)					
	$k_s / k_o = 1$	$k_s / k_o = 0.5$	$k_s / k_o = 0.2$	$k_s / k_o = 0.1$	$k_s / k_o = 0.01$	$k_s / k_o = 0.001$
0.001	0.67	0.44	0.24	0.16	0.03	0.01
0.002	1.11	0.72	0.39	0.25	0.05	0.01
0.003	1.49	0.99	0.53	0.33	0.07	0.01
0.004	1.85	1.24	0.66	0.40	0.09	0.02
0.005	2.20	1.48	0.79	0.47	0.10	0.02
0.006	2.53	1.72	0.91	0.54	0.12	0.02
0.007	2.85	1.95	1.04	0.61	0.13	0.02
0.008	3.16	2.17	1.16	0.68	0.14	0.03
0.009	3.46	2.39	1.28	0.75	0.15	0.03
0.010	3.76	2.61	1.40	0.82	0.16	0.03
0.020	6.54	4.68	2.57	1.50	0.25	0.05
0.030	9.10	6.62	3.70	2.16	0.33	0.07
0.040	11.53	8.48	4.80	2.82	0.41	0.09
0.050	13.87	10.29	5.88	3.46	0.49	0.11
0.060	16.13	12.05	6.94	4.10	0.57	0.12
0.070	18.33	13.78	7.99	4.74	0.65	0.13
0.080	20.46	15.46	9.03	5.37	0.73	0.14
0.090	22.54	17.12	10.05	6.00	0.80	0.16
0.100	24.56	18.74	11.06	6.62	0.88	0.17
0.200	42.10	33.29	20.58	12.62	1.66	0.25
0.300	55.55	45.24	29.08	18.23	2.43	0.34
0.400	65.88	55.04	36.67	23.48	3.20	0.42
0.500	73.81	63.09	43.44	28.39	3.96	0.50
0.600	79.90	69.70	49.49	32.99	4.71	0.58
0.700	84.57	75.13	54.90	37.29	5.46	0.66

ตาราง ก.2 (ต่อ)

ตัวประกอบเวลา (T)	อัตราส่วน ส.ป.ส. การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) / ส.ป.ส. การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_o)					
	$k_s / k_o = 1$	$k_s / k_o = 0.5$	$k_s / k_o = 0.2$	$k_s / k_o = 0.1$	$k_s / k_o = 0.01$	$k_s / k_o = 0.001$
0.800	88.16	79.58	59.72	41.32	6.20	0.74
0.900	90.91	83.24	64.03	45.09	6.94	0.81
1.000	93.02	86.24	67.88	48.61	7.67	0.89
2.000	99.50	98.09	89.64	73.54	14.66	1.69
3.000	99.96	99.73	96.66	86.37	21.13	2.47
4.000	100.00	99.96	98.92	92.98	27.10	3.25
5.000	100.00	99.99	99.65	96.39	32.63	4.03
6.000	100.00	100.00	99.89	98.14	37.73	4.79
7.000	100.00	100.00	99.96	99.04	42.45	5.56
8.000	100.00	100.00	99.99	99.51	46.81	6.31
9.000	100.00	100.00	100.00	99.75	50.84	7.06
10.000	100.00	100.00	100.00	99.87	54.56	7.80

$$T = \frac{C_h t}{d^2_{ceq}}$$

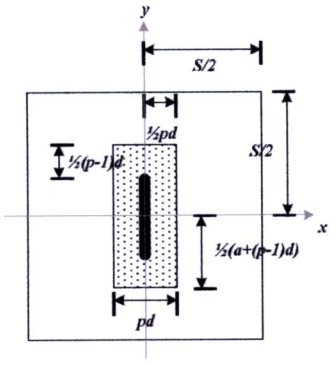
C_h = สัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำตามแนวราบ

$$d_{ceq} = \frac{2S}{\sqrt{\pi}}$$

S = ระยะห่างระหว่างแถบทางระบายน้ำ

t = เวลา

a, d = ขนาดของแบบ (Mandrel)



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ตาราง ก.3 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 50มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p=2 ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 3.00 ม. หน้าตัดแถบทางระบายน้ำมีความกว้าง 100มม. หนา 4 มม.

ตัวประกอบเวลา (T)	อัตราส่วน ส.ป.ส. การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) / ส.ป.ส. การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_o)					
	$k_s / k_o = 1$	$k_s / k_o = 0.5$	$k_s / k_o = 0.2$	$k_s / k_o = 0.1$	$k_s / k_o = 0.01$	$k_s / k_o = 0.001$
0.001	0.53	0.34	0.18	0.12	0.02	0.01
0.002	0.89	0.60	0.32	0.19	0.04	0.01
0.003	1.22	0.83	0.44	0.26	0.06	0.01
0.004	1.53	1.06	0.57	0.33	0.07	0.01
0.005	1.83	1.27	0.69	0.40	0.08	0.01
0.006	2.11	1.49	0.80	0.47	0.09	0.02
0.007	2.39	1.69	0.92	0.54	0.10	0.02
0.008	2.66	1.90	1.04	0.61	0.11	0.02
0.009	2.93	2.10	1.15	0.67	0.11	0.02
0.010	3.19	2.29	1.27	0.74	0.12	0.03
0.020	5.64	4.17	2.37	1.39	0.20	0.04
0.030	7.92	5.94	3.44	2.04	0.28	0.06
0.040	10.10	7.65	4.48	2.67	0.36	0.07
0.050	12.20	9.31	5.50	3.29	0.44	0.08
0.060	14.24	10.93	6.51	3.91	0.51	0.09
0.070	16.23	12.52	7.51	4.53	0.59	0.10
0.080	18.17	14.08	8.49	5.14	0.67	0.11
0.090	20.06	15.61	9.47	5.75	0.75	0.11
0.100	21.91	17.11	10.43	6.35	0.83	0.12
0.200	38.18	30.73	19.52	12.17	1.60	0.20
0.300	51.06	42.11	27.69	17.63	2.37	0.28
0.400	61.26	51.63	35.03	22.75	3.13	0.36
0.500	69.33	59.57	41.62	27.55	3.89	0.44
0.600	75.72	66.22	47.54	32.05	4.64	0.52
0.700	80.78	71.77	52.86	36.27	5.38	0.60

ตาราง ก.3 (ต่อ)

ตัวประกอบเวลา (T)	อัตราส่วน ส.ป.ส. การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) / ส.ป.ส. การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_o)					
	$k_s / k_o = 1$	$k_s / k_o = 0.5$	$k_s / k_o = 0.2$	$k_s / k_o = 0.1$	$k_s / k_o = 0.01$	$k_s / k_o = 0.001$
0.800	84.78	76.41	57.65	40.23	6.12	0.68
0.900	87.95	80.28	61.94	43.95	6.85	0.76
1.000	90.46	83.52	65.81	47.43	7.58	0.84
2.000	99.08	97.26	88.27	72.32	14.55	1.63
3.000	99.91	99.55	95.98	85.43	20.99	2.42
4.000	99.99	99.92	98.62	92.33	26.94	3.20
5.000	100.00	99.99	99.53	95.96	32.45	3.97
6.000	100.00	100.00	99.84	97.87	37.54	4.74
7.000	100.00	100.00	99.94	98.88	42.25	5.50
8.000	100.00	100.00	99.98	99.41	46.60	6.25
9.000	100.00	100.00	99.99	99.69	50.63	7.00
10.000	100.00	100.00	100.00	99.84	54.35	7.74

$$T = \frac{C_h t}{d^2_{ceq}}$$

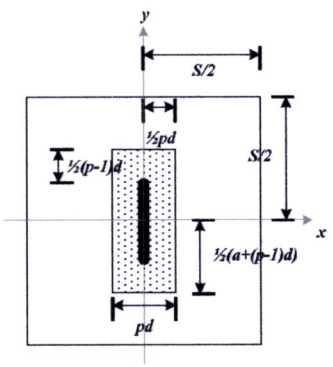
C_h = สัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำตามแนวราบ

$$d_{ceq} = \frac{2S}{\sqrt{\pi}}$$

S = ระยะห่างระหว่างแถบทางระบายน้ำ

t = เวลา

a, d = ขนาดของแบบ (Mandrel)



ตาราง ก.4 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 50มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p=3 ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 1.00 ม. หน้าตัดแถบทางระบายน้ำมีความกว้าง 100มม. หนา 4 มม.

ตัวประกอบเวลา (T)	อัตราส่วน ส.ป.ส. การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) / ส.ป.ส. การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_o)					
	k_s / k_o = 1	k_s / k_o = 0.5	k_s / k_o = 0.2	k_s / k_o = 0.1	k_s / k_o = 0.01	k_s / k_o = 0.001
0.001	1.09	0.71	0.40	0.25	0.03	0.01
0.002	1.72	1.10	0.63	0.41	0.06	0.01
0.003	2.26	1.44	0.81	0.53	0.09	0.01
0.004	2.76	1.74	0.97	0.64	0.12	0.02
0.005	3.22	2.02	1.11	0.73	0.15	0.02
0.006	3.66	2.29	1.25	0.81	0.17	0.02
0.007	4.08	2.55	1.38	0.89	0.20	0.03
0.008	4.49	2.81	1.50	0.97	0.22	0.03
0.009	4.89	3.06	1.62	1.04	0.24	0.03
0.010	5.28	3.30	1.74	1.11	0.26	0.04
0.020	8.84	5.60	2.87	1.75	0.42	0.07
0.030	12.06	7.73	3.93	2.33	0.54	0.09
0.040	15.08	9.78	4.96	2.90	0.64	0.12
0.050	17.96	11.75	5.98	3.47	0.73	0.15
0.060	20.73	13.68	6.98	4.02	0.81	0.17
0.070	23.40	15.55	7.97	4.57	0.89	0.20
0.080	25.97	17.39	8.94	5.12	0.97	0.22
0.090	28.45	19.18	9.91	5.66	1.04	0.24
0.100	30.85	20.93	10.86	6.21	1.11	0.26
0.200	50.82	36.48	19.86	11.44	1.75	0.42
0.300	65.02	48.98	27.95	16.38	2.37	0.54
0.400	75.13	59.01	35.23	21.05	2.97	0.64
0.500	82.31	67.08	41.76	25.46	3.57	0.73
0.600	87.42	73.55	47.64	29.62	4.16	0.81
0.700	91.05	78.76	52.93	33.55	4.76	0.89

ตาราง ก.4 (ต่อ)

ตัวประกอบเวลา (T)	อัตราส่วน ส.ป.ส. การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) / ส.ป.ส. การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_o)					
	k_s / k_o = 1	k_s / k_o = 0.5	k_s / k_o = 0.2	k_s / k_o = 0.1	k_s / k_o = 0.01	k_s / k_o = 0.001
0.800	93.64	82.93	57.68	37.26	5.35	0.97
0.900	95.47	86.29	61.95	40.76	5.93	1.04
1.000	96.78	88.99	65.79	44.07	6.51	1.11
2.000	99.89	98.77	88.20	68.51	12.13	1.76
3.000	100.00	99.86	95.93	82.27	17.41	2.37
4.000	100.00	99.98	98.60	90.02	22.37	2.98
5.000	100.00	100.00	99.52	94.38	27.03	3.58
6.000	100.00	100.00	99.83	96.83	31.42	4.18
7.000	100.00	100.00	99.94	98.22	35.54	4.78
8.000	100.00	100.00	99.98	99.00	39.41	5.37
9.000	100.00	100.00	99.99	99.44	43.05	5.96
10.000	100.00	100.00	100.00	99.68	46.48	6.55

$$T = \frac{C_h t}{d^2_{ceq}}$$

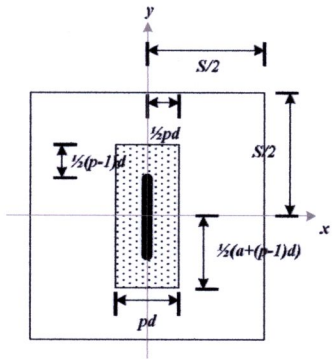
C_h = สัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำตามแนวราบ

$$d_{ceq} = \frac{2S}{\sqrt{\pi}}$$

S = ระยะห่างระหว่างแถบทางระบายน้ำ

t = เวลา

a, d = ขนาดของแบบ (Mandrel)



ตาราง ก.5 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 50มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p=3 ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 2.00 ม. หน้าตัดแถบทางระบายน้ำมีความกว้าง 100มม. หนา 4 มม.

ตัวประกอบเวลา (T)	อัตราส่วน $\frac{\text{ส.ป.ส. การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี } (k_s)}{\text{ส.ป.ส. การซึมได้ของดินคงสภาพ } (k_o)}$					
	$k_s / k_o = 1$	$k_s / k_o = 0.5$	$k_s / k_o = 0.2$	$k_s / k_o = 0.1$	$k_s / k_o = 0.01$	$k_s / k_o = 0.001$
0.001	0.67	0.42	0.24	0.16	0.03	0.00
0.002	1.11	0.69	0.37	0.24	0.05	0.01
0.003	1.49	0.94	0.49	0.31	0.07	0.01
0.004	1.85	1.17	0.60	0.37	0.09	0.01
0.005	2.20	1.39	0.71	0.43	0.10	0.02
0.006	2.53	1.61	0.82	0.49	0.12	0.02
0.007	2.85	1.82	0.93	0.55	0.13	0.02
0.008	3.16	2.03	1.03	0.61	0.14	0.03
0.009	3.46	2.23	1.13	0.67	0.15	0.03
0.010	3.76	2.44	1.24	0.72	0.16	0.03
0.020	6.54	4.36	2.24	1.28	0.24	0.05
0.030	9.10	6.17	3.20	1.82	0.31	0.07
0.040	11.53	7.91	4.14	2.36	0.38	0.09
0.050	13.87	9.61	5.08	2.89	0.44	0.10
0.060	16.13	11.27	5.99	3.41	0.50	0.12
0.070	18.33	12.89	6.90	3.94	0.56	0.13
0.080	20.46	14.48	7.80	4.46	0.62	0.14
0.090	22.54	16.04	8.69	4.97	0.68	0.15
0.100	24.56	17.57	9.57	5.49	0.74	0.16
0.200	42.10	31.42	17.92	10.48	1.35	0.24
0.300	55.55	42.95	25.49	15.20	1.94	0.31
0.400	65.88	52.53	32.37	19.68	2.54	0.38
0.500	73.81	60.51	38.61	23.92	3.13	0.44
0.600	79.90	67.14	44.27	27.94	3.72	0.50
0.700	84.57	72.67	49.42	31.74	4.31	0.56

ตาราง ก.5 (ต่อ)

ตัวประกอบเวลา (T)	อัตราส่วน ส.ป.ส. การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) / ส.ป.ส. การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_o)					
	k_s / k_o = **1**	k_s / k_o = **0.5**	k_s / k_o = **0.2**	k_s / k_o = **0.1**	k_s / k_o = **0.01**	k_s / k_o = **0.001**
0.800	88.16	77.26	54.08	35.34	4.89	0.62
0.900	90.91	81.08	58.32	38.76	5.46	0.69
1.000	93.02	84.26	62.17	41.99	6.04	0.75
2.000	99.50	97.50	85.63	66.27	11.59	1.36
3.000	99.96	99.60	94.54	80.39	16.82	1.96
4.000	100.00	99.94	97.93	88.60	21.73	2.57
5.000	100.00	99.99	99.21	93.37	26.36	3.17
6.000	100.00	100.00	99.70	96.15	30.71	3.76
7.000	100.00	100.00	99.89	97.76	34.80	4.35
8.000	100.00	100.00	99.96	98.70	38.66	4.94
9.000	100.00	100.00	99.98	99.24	42.28	5.53
10.000	100.00	100.00	99.99	99.56	45.69	6.11

$$T = \frac{C_h t}{d^2_{ceq}}$$

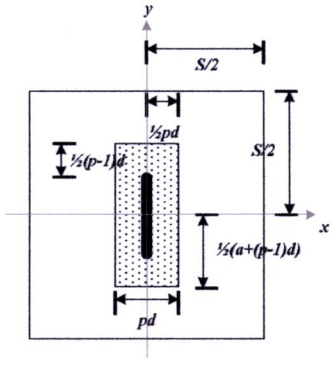
C_h = สัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำตามแนวราบ

$$d_{ceq} = \frac{2S}{\sqrt{\pi}}$$

S = ระยะห่างระหว่างแถบทางระบายน้ำ

t = เวลา

a, d = ขนาดของแบบ (Mandrel)



ตาราง ก.6 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 50มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p=3 ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 3.00 ม. หน้าตัดแถบทางระบายน้ำมีความกว้าง 100มม. หนา 4 มม.

ตัวประกอบเวลา (T)	อัตราส่วน ส.ป.ส. การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) / ส.ป.ส. การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_o)					
	$k_s / k_o = 1$	$k_s / k_o = 0.5$	$k_s / k_o = 0.2$	$k_s / k_o = 0.1$	$k_s / k_o = 0.01$	$k_s / k_o = 0.001$
0.001	0.53	0.33	0.175	0.112	0.03	0.00
0.002	0.89	0.56	0.289	0.18	0.04	0.01
0.003	1.22	0.78	0.397	0.24	0.06	0.01
0.004	1.53	0.99	0.501	0.29	0.07	0.01
0.005	1.83	1.19	0.604	0.35	0.08	0.01
0.006	2.11	1.38	0.705	0.41	0.08	0.02
0.007	2.39	1.58	0.805	0.46	0.09	0.02
0.008	2.66	1.77	0.903	0.52	0.10	0.02
0.009	2.93	1.95	1.002	0.57	0.11	0.02
0.010	3.19	2.14	1.099	0.63	0.12	0.03
0.020	5.64	3.89	2.047	1.16	0.18	0.04
0.030	7.92	5.56	2.967	1.69	0.24	0.06
0.040	10.10	7.16	3.868	2.21	0.30	0.07
0.050	12.20	8.73	4.757	2.73	0.36	0.08
0.060	14.24	10.26	5.634	3.24	0.42	0.08
0.070	16.23	11.76	6.502	3.75	0.48	0.09
0.080	18.17	13.24	7.362	4.26	0.54	0.10
0.090	20.06	14.69	8.213	4.76	0.60	0.11
0.100	21.91	16.11	9.055	5.26	0.67	0.12
0.200	38.18	29.11	17.067	10.12	1.27	0.18
0.300	51.06	40.09	24.372	14.74	1.86	0.24
0.400	61.26	49.37	31.033	19.12	2.45	0.30
0.500	69.33	57.22	37.108	23.27	3.04	0.37
0.600	75.72	63.84	42.648	27.21	3.63	0.43
0.700	80.78	69.44	47.70	30.94	4.21	0.49

ตาราง ก.6 (ต่อ)

ตัวประกอบเวลา (T)	อัตราส่วน ส.ป.ส. การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) / ส.ป.ส. การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_o)					
	$k_s / k_o = 1$	$k_s / k_o = 0.5$	$k_s / k_o = 0.2$	$k_s / k_o = 0.1$	$k_s / k_o = 0.01$	$k_s / k_o = 0.001$
0.800	84.78	74.18	52.31	34.49	4.79	0.55
0.900	87.95	78.18	56.51	37.85	5.37	0.61
1.000	90.46	81.56	60.34	41.04	5.94	0.67
2.000	99.08	96.57	84.23	65.19	11.47	1.28
3.000	99.91	99.36	93.73	79.45	16.67	1.89
4.000	99.99	99.88	97.51	87.87	21.57	2.49
5.000	100.00	99.98	99.01	92.84	26.18	3.09
6.000	100.00	100.00	99.61	95.77	30.52	3.68
7.000	100.00	100.00	99.84	97.50	34.61	4.27
8.000	100.00	100.00	99.94	98.53	38.45	4.86
9.000	100.00	100.00	99.98	99.13	42.07	5.44
10.000	100.00	100.00	99.99	99.49	45.48	6.02

$$T = \frac{C_h t}{d^2_{ceq}}$$

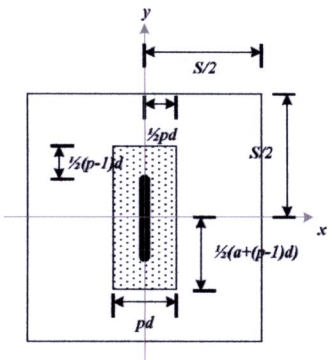
C_h = สัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำตามแนวราบ

$$d_{ceq} = \frac{2S}{\sqrt{\pi}}$$

S = ระยะห่างระหว่างแถบทางระบายน้ำ

t = เวลา

a, d = ขนาดของแบบ (Mandrel)



ตาราง ก.7 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 150มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p=2 ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 1.00 ม. หน้าตัดแถบทางระบายน้ำมีความกว้าง 100มม. หนา 4 มม.

ตัวประกอบเวลา (T)	อัตราส่วน ส.ป.ส. การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) / ส.ป.ส. การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_o)					
	$k_s / k_o = 1$	$k_s / k_o = 0.5$	$k_s / k_o = 0.2$	$k_s / k_o = 0.1$	$k_s / k_o = 0.01$	$k_s / k_o = 0.001$
0.001	1.09	0.72	0.40	0.24	0.05	0.02
0.002	1.72	1.12	0.64	0.41	0.07	0.03
0.003	2.26	1.47	0.83	0.54	0.10	0.03
0.004	2.76	1.78	0.99	0.65	0.12	0.03
0.005	3.22	2.08	1.15	0.75	0.14	0.04
0.006	3.66	2.37	1.29	0.83	0.17	0.04
0.007	4.08	2.65	1.44	0.92	0.19	0.04
0.008	4.49	2.92	1.57	1.00	0.21	0.04
0.009	4.89	3.19	1.71	1.08	0.23	0.05
0.010	5.28	3.45	1.85	1.16	0.25	0.05
0.020	8.84	5.89	3.13	1.88	0.42	0.07
0.030	12.06	8.15	4.34	2.58	0.55	0.10
0.040	15.08	10.30	5.53	3.26	0.66	0.12
0.050	17.96	12.39	6.69	3.93	0.75	0.14
0.060	20.73	14.42	7.83	4.59	0.84	0.17
0.070	23.40	16.39	8.95	5.25	0.93	0.19
0.080	25.97	18.31	10.06	5.90	1.01	0.21
0.090	28.45	20.19	11.15	6.55	1.09	0.23
0.100	30.85	22.03	12.23	7.19	1.17	0.25
0.200	50.82	38.20	22.34	13.37	1.95	0.42
0.300	65.02	51.02	31.28	19.14	2.72	0.55
0.400	75.13	61.17	39.19	24.53	3.48	0.66
0.500	82.31	69.23	46.19	29.56	4.23	0.76
0.600	87.42	75.61	52.39	34.25	4.98	0.85
0.700	91.05	80.67	57.87	38.63	5.72	0.93

ตาราง ก.7 (ต่อ)

ตัวประกอบเวลา (T)	อัตราส่วน ส.ป.ส. การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) / ส.ป.ส. การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_o)					
	k_s / k_o = 1	k_s / k_o = 0.5	k_s / k_o = 0.2	k_s / k_o = 0.1	k_s / k_o = 0.01	k_s / k_o = 0.001
0.800	93.64	84.68	62.72	42.72	6.45	1.02
0.900	95.47	87.85	67.01	46.53	7.18	1.10
1.000	96.78	90.37	70.81	50.10	7.91	1.18
2.000	99.89	99.06	91.41	74.95	14.84	1.97
3.000	100.00	99.91	97.47	87.43	21.26	2.74
4.000	100.00	99.99	99.26	93.69	27.19	3.51
5.000	100.00	100.00	99.78	96.83	32.67	4.27
6.000	100.00	100.00	99.94	98.41	37.74	5.03
7.000	100.00	100.00	99.98	99.20	42.43	5.78
8.000	100.00	100.00	99.99	99.60	46.76	6.53
9.000	100.00	100.00	100.00	99.80	50.77	7.27
10.000	100.00	100.00	100.00	99.90	54.48	8.00

$$T = \frac{C_h t}{d^2_{ceq}}$$

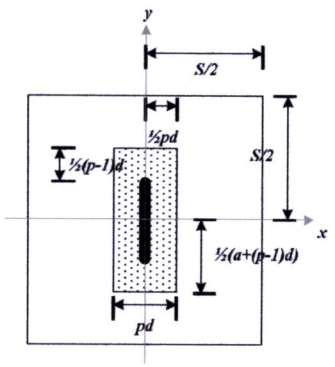
C_h = สัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำตามแนวราบ

$$d_{ceq} = \frac{2S}{\sqrt{\pi}}$$

S = ระยะห่างระหว่างแถบทางระบายน้ำ

t = เวลา

a, d = ขนาดของแบบ (Mandrel)



ตาราง ก.8 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 150มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p=2 ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 2.00 ม. หน้าตัดแถบทางระบายน้ำมีความกว้าง 100มม. หนา 4 มม.

ตัวประกอบเวลา (T)	อัตราส่วน ส.ป.ส. การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) / ส.ป.ส. การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_o)					
	$k_s / k_o = 1$	$k_s / k_o = 0.5$	$k_s / k_o = 0.2$	$k_s / k_o = 0.1$	$k_s / k_o = 0.01$	$k_s / k_o = 0.001$
0.001	0.67	0.43	0.24	0.16	0.03	0.01
0.002	1.11	0.72	0.39	0.25	0.05	0.01
0.003	1.49	0.98	0.52	0.32	0.07	0.01
0.004	1.85	1.23	0.65	0.40	0.09	0.02
0.005	2.20	1.46	0.78	0.47	0.10	0.02
0.006	2.53	1.69	0.90	0.54	0.12	0.02
0.007	2.85	1.92	1.02	0.61	0.13	0.02
0.008	3.16	2.14	1.14	0.68	0.14	0.03
0.009	3.46	2.35	1.26	0.74	0.15	0.03
0.010	3.76	2.57	1.38	0.81	0.16	0.03
0.020	6.54	4.59	2.52	1.47	0.25	0.05
0.030	9.10	6.50	3.61	2.12	0.33	0.07
0.040	11.53	8.32	4.68	2.76	0.41	0.09
0.050	13.87	10.10	5.73	3.39	0.49	0.11
0.060	16.13	11.83	6.77	4.01	0.57	0.12
0.070	18.33	13.53	7.80	4.63	0.64	0.13
0.080	20.46	15.19	8.81	5.25	0.72	0.14
0.090	22.54	16.82	9.81	5.86	0.80	0.15
0.100	24.56	18.41	10.79	6.46	0.87	0.16
0.200	42.10	32.77	20.10	12.32	1.63	0.25
0.300	55.55	44.59	28.43	17.81	2.39	0.33
0.400	65.88	54.34	35.89	22.96	3.14	0.41
0.500	73.81	62.37	42.58	27.78	3.88	0.49
0.600	79.90	68.99	48.57	32.30	4.62	0.57
0.700	84.57	74.45	53.93	36.54	5.36	0.65

ตาราง ก.8 (ต่อ)

ตัวประกอบเวลา (T)	อัตราส่วน ส.ป.ส. การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) / ส.ป.ส. การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_o)					
	k_s / k_o = **1**	k_s / k_o = **0.5**	k_s / k_o = **0.2**	k_s / k_o = **0.1**	k_s / k_o = **0.01**	k_s / k_o = **0.001**
0.800	88.16	78.94	58.73	40.52	6.08	0.73
0.900	90.91	82.65	63.04	44.24	6.81	0.81
1.000	93.02	85.70	66.89	47.73	7.52	0.88
2.000	99.50	97.93	88.99	72.62	14.39	1.66
3.000	99.96	99.70	96.34	85.66	20.74	2.43
4.000	100.00	99.96	98.78	92.49	26.63	3.20
5.000	100.00	99.99	99.60	96.07	32.08	3.95
6.000	100.00	100.00	99.87	97.94	37.12	4.71
7.000	100.00	100.00	99.96	98.92	41.79	5.45
8.000	100.00	100.00	99.99	99.43	46.11	6.20
9.000	100.00	100.00	100.00	99.70	50.11	6.93
10.000	100.00	100.00	100.00	99.84	53.82	7.66

$$T = \frac{C_h t}{d^2_{ceq}}$$

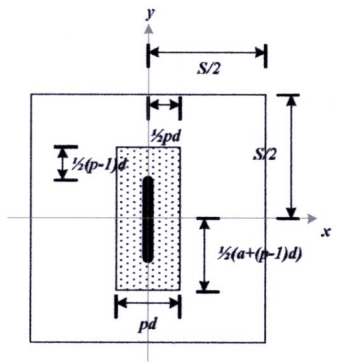
C_h = สัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำตามแนวราบ

$$d_{ceq} = \frac{2S}{\sqrt{\pi}}$$

S = ระยะห่างระหว่างแถบทางระบายน้ำ

t = เวลา

a, d = ขนาดของแบบ (Mandrel)



ตาราง ก.9 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 150มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p=2 ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 3.00 ม. หน้าตัดแถบทางระบายน้ำมีความกว้าง 100มม. หนา 4 มม.

ตัวประกอบเวลา (T)	อัตราส่วน ส.ป.ส. การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) / ส.ป.ส. การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_o)					
	$k_s / k_o = 1$	$k_s / k_o = 0.5$	$k_s / k_o = 0.2$	$k_s / k_o = 0.1$	$k_s / k_o = 0.01$	$k_s / k_o = 0.001$
0.001	0.53	0.34	0.18	0.12	0.02	0.00
0.002	0.89	0.59	0.31	0.19	0.04	0.01
0.003	1.22	0.82	0.44	0.26	0.06	0.01
0.004	1.53	1.04	0.56	0.33	0.07	0.01
0.005	1.83	1.25	0.67	0.40	0.08	0.01
0.006	2.11	1.46	0.79	0.46	0.09	0.02
0.007	2.39	1.66	0.90	0.53	0.10	0.02
0.008	2.66	1.86	1.02	0.60	0.10	0.02
0.009	2.93	2.06	1.13	0.66	0.11	0.02
0.010	3.19	2.25	1.24	0.73	0.12	0.03
0.020	5.64	4.09	2.31	1.36	0.20	0.04
0.030	7.92	5.83	3.35	1.99	0.28	0.06
0.040	10.10	7.51	4.37	2.61	0.35	0.07
0.050	12.20	9.14	5.37	3.22	0.43	0.08
0.060	14.24	10.74	6.35	3.82	0.51	0.09
0.070	16.23	12.31	7.33	4.42	0.58	0.10
0.080	18.17	13.84	8.29	5.02	0.66	0.11
0.090	20.06	15.35	9.24	5.61	0.74	0.11
0.100	21.91	16.83	10.18	6.20	0.81	0.12
0.200	38.18	30.27	19.07	11.89	1.57	0.20
0.300	51.06	41.54	27.09	17.23	2.32	0.28
0.400	61.26	50.99	34.30	22.25	3.07	0.36
0.500	69.33	58.91	40.81	26.96	3.81	0.44
0.600	75.72	65.55	46.67	31.39	4.54	0.51
0.700	80.78	71.12	51.95	35.55	5.27	0.59

ตาราง ก.9 (ต่อ)

ตัวประกอบเวลา (T)	อัตราส่วน ส.ป.ส. การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) / ส.ป.ส. การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_o)					
	$k_s / k_o = 1$	$k_s / k_o = 0.5$	$k_s / k_o = 0.2$	$k_s / k_o = 0.1$	$k_s / k_o = 0.01$	$k_s / k_o = 0.001$
0.800	84.78	75.79	56.70	39.46	6.00	0.67
0.900	87.95	79.70	60.99	43.13	6.72	0.75
1.000	90.46	82.98	64.85	46.58	7.43	0.83
2.000	99.08	97.08	87.61	71.42	14.27	1.60
3.000	99.91	99.50	95.63	84.71	20.60	2.37
4.000	99.99	99.91	98.46	91.82	26.47	3.14
5.000	100.00	99.99	99.46	95.62	31.90	3.89
6.000	100.00	100.00	99.81	97.66	36.93	4.65
7.000	100.00	100.00	99.93	98.75	41.59	5.39
8.000	100.00	100.00	99.98	99.33	45.90	6.13
9.000	100.00	100.00	99.99	99.64	49.90	6.87
10.000	100.00	100.00	100.00	99.81	53.60	7.60

$$T = \frac{C_h t}{d^2_{ceq}}$$

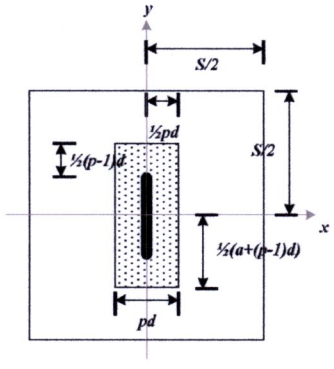
C_h = สัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำตามแนวราบ

$$d_{ceq} = \frac{2S}{\sqrt{\pi}}$$

S = ระยะห่างระหว่างแถบทางระบายน้ำ

t = เวลา

a, d = ขนาดของแบบ (Mandrel)



ตาราง ก.10 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 150มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p=3 ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 1.00 ม. หน้าตัดแถบทางระบายน้ำมีความกว้าง 100มม. หนา 4 มม.

ตัวประกอบเวลา (T)	อัตราส่วน ส.ป.ส. การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) / ส.ป.ส. การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_o)					
	$k_s/k_o = 1$	$k_s/k_o = 0.5$	$k_s/k_o = 0.2$	$k_s/k_o = 0.1$	$k_s/k_o = 0.01$	$k_s/k_o = 0.001$
0.001	1.09	0.71	0.40	0.25	0.03	0.01
0.002	1.72	1.11	0.63	0.41	0.07	0.01
0.003	2.26	1.44	0.81	0.53	0.09	0.01
0.004	2.76	1.74	0.97	0.64	0.12	0.02
0.005	3.22	2.02	1.11	0.73	0.15	0.02
0.006	3.66	2.29	1.25	0.81	0.17	0.02
0.007	4.08	2.55	1.38	0.89	0.20	0.03
0.008	4.49	2.80	1.50	0.97	0.22	0.03
0.009	4.89	3.05	1.63	1.04	0.24	0.03
0.010	5.28	3.29	1.75	1.11	0.26	0.04
0.020	8.84	5.55	2.86	1.75	0.42	0.07
0.030	12.06	7.63	3.90	2.33	0.54	0.10
0.040	15.08	9.62	4.90	2.89	0.64	0.12
0.050	17.96	11.55	5.89	3.44	0.73	0.15
0.060	20.73	13.43	6.86	3.98	0.81	0.17
0.070	23.40	15.26	7.81	4.52	0.89	0.20
0.080	25.97	17.05	8.76	5.05	0.97	0.22
0.090	28.45	18.80	9.69	5.58	1.04	0.24
0.100	30.85	20.51	10.62	6.10	1.11	0.26
0.200	50.82	35.75	19.35	11.19	1.76	0.42
0.300	65.02	48.07	27.24	16.00	2.36	0.54
0.400	75.13	58.03	34.35	20.55	2.95	0.64
0.500	82.31	66.08	40.76	24.85	3.54	0.73
0.600	87.42	72.58	46.55	28.92	4.12	0.81
0.700	91.05	77.84	51.77	32.77	4.70	0.89

ตาราง ก.10 (ต่อ)

ตัวประกอบเวลา (T)	อัตราส่วน ส.ป.ส. การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) / ส.ป.ส. การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_o)					
	$k_s / k_o = 1$	$k_s / k_o = 0.5$	$k_s / k_o = 0.2$	$k_s / k_o = 0.1$	$k_s / k_o = 0.01$	$k_s / k_o = 0.001$
0.800	93.64	82.09	56.49	36.41	5.27	0.97
0.900	95.47	85.52	60.74	39.85	5.84	1.04
1.000	96.78	88.30	64.58	43.11	6.41	1.11
2.000	99.89	98.61	87.33	67.40	11.90	1.76
3.000	100.00	99.83	95.47	81.32	17.07	2.36
4.000	100.00	99.98	98.38	89.29	21.94	2.96
5.000	100.00	100.00	99.42	93.87	26.52	3.55
6.000	100.00	100.00	99.79	96.48	30.83	4.14
7.000	100.00	100.00	99.93	97.99	34.89	4.72
8.000	100.00	100.00	99.97	98.85	38.71	5.30
9.000	100.00	100.00	99.99	99.34	42.30	5.88
10.000	100.00	100.00	100.00	99.62	45.69	6.45

$$T = \frac{C_h t}{d^2_{ceq}}$$

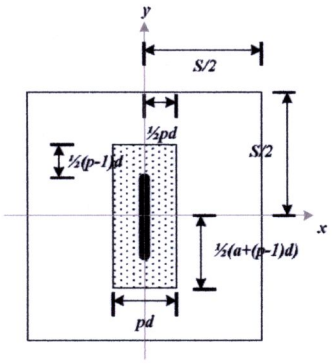
C_h = สัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำตามแนวราบ

$$d_{ceq} = \frac{2S}{\sqrt{\pi}}$$

S = ระยะห่างระหว่างแถบทางระบายน้ำ

t = เวลา

a, d = ขนาดของแบบ (Mandrel)



ตาราง ก.11 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 150มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p=3 ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 2.00 ม. หน้าตัดแถบทางระบายน้ำมีความกว้าง 100มม. หนา 4 มม.

ตัวประกอบเวลา (T)	อัตราส่วน ส.ป.ส. การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) / ส.ป.ส. การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_o)					
	$k_s/k_o = 1$	$k_s/k_o = 0.5$	$k_s/k_o = 0.2$	$k_s/k_o = 0.1$	$k_s/k_o = 0.01$	$k_s/k_o = 0.001$
0.001	0.67	0.42	0.24	0.16	0.03	0.00
0.002	1.11	0.69	0.37	0.24	0.05	0.01
0.003	1.49	0.93	0.49	0.31	0.07	0.01
0.004	1.85	1.16	0.60	0.37	0.09	0.01
0.005	2.20	1.38	0.71	0.44	0.10	0.02
0.006	2.53	1.59	0.82	0.49	0.12	0.02
0.007	2.85	1.80	0.92	0.55	0.13	0.02
0.008	3.16	2.00	1.02	0.61	0.14	0.03
0.009	3.46	2.20	1.12	0.66	0.15	0.03
0.010	3.76	2.40	1.22	0.72	0.16	0.03
0.020	6.54	4.27	2.19	1.26	0.24	0.05
0.030	9.10	6.04	3.12	1.79	0.31	0.07
0.040	11.53	7.74	4.04	2.31	0.38	0.09
0.050	13.87	9.39	4.94	2.82	0.44	0.10
0.060	16.13	11.01	5.82	3.33	0.50	0.12
0.070	18.33	12.60	6.70	3.84	0.56	0.13
0.080	20.46	14.15	7.57	4.34	0.62	0.14
0.090	22.54	15.68	8.43	4.84	0.68	0.15
0.100	24.56	17.17	9.28	5.34	0.74	0.16
0.200	42.10	30.76	17.38	10.18	1.33	0.24
0.300	55.55	42.11	24.76	14.77	1.91	0.31
0.400	65.88	51.60	31.47	19.13	2.49	0.38
0.500	73.81	59.54	37.59	23.26	3.06	0.44
0.600	79.90	66.17	43.16	27.18	3.64	0.50
0.700	84.57	71.72	48.23	30.90	4.21	0.56

ตาราง ก.11 (ต่อ)

ตัวประกอบเวลา (T)	อัตราส่วน ส.ป.ส. การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) / ส.ป.ส. การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_o)					
	$k_s / k_o = 1$	$k_s / k_o = 0.5$	$k_s / k_o = 0.2$	$k_s / k_o = 0.1$	$k_s / k_o = 0.01$	$k_s / k_o = 0.001$
0.800	88.16	76.36	52.85	34.44	4.77	0.62
0.900	90.91	80.23	57.06	37.79	5.34	0.68
1.000	93.02	83.48	60.89	40.97	5.90	0.74
2.000	99.50	97.24	84.64	65.07	11.31	1.34
3.000	99.96	99.54	93.97	79.33	16.42	1.93
4.000	100.00	99.92	97.63	87.77	21.23	2.52
5.000	100.00	99.99	99.07	92.76	25.77	3.10
6.000	100.00	100.00	99.64	95.72	30.04	3.68
7.000	100.00	100.00	99.86	97.47	34.07	4.26
8.000	100.00	100.00	99.94	98.50	37.86	4.83
9.000	100.00	100.00	99.98	99.11	41.44	5.40
10.000	100.00	100.00	99.99	99.47	44.81	5.97

$$T = \frac{C_h t}{d^2_{ceq}}$$

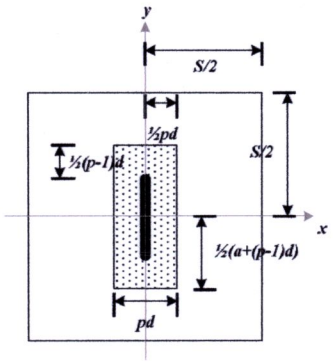
C_h = สัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำตามแนวราบ

$$d_{ceq} = \frac{2S}{\sqrt{\pi}}$$

S = ระยะห่างระหว่างแถบทางระบายน้ำ

t = เวลา

a, d = ขนาดของแบบ (Mandrel)



ตาราง ก.12 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 150มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p=3 ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 3.00 ม. หน้าตัดแถบทางระบายน้ำมีความกว้าง 100มม. หนา 4 มม.

ตัวประกอบเวลา (T)	อัตราส่วน ส.ป.ส. การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) / ส.ป.ส. การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_o)					
	$k_s/k_o = 1$	$k_s/k_o = 0.5$	$k_s/k_o = 0.2$	$k_s/k_o = 0.1$	$k_s/k_o = 0.01$	$k_s/k_o = 0.001$
0.001	0.53	0.33	0.18	0.11	0.03	0.00
0.002	0.89	0.56	0.29	0.18	0.04	0.01
0.003	1.22	0.77	0.39	0.24	0.06	0.01
0.004	1.53	0.97	0.50	0.29	0.07	0.01
0.005	1.83	1.17	0.60	0.35	0.08	0.01
0.006	2.11	1.36	0.69	0.40	0.08	0.02
0.007	2.39	1.55	0.79	0.46	0.09	0.02
0.008	2.66	1.73	0.89	0.51	0.10	0.02
0.009	2.93	1.91	0.98	0.56	0.11	0.02
0.010	3.19	2.09	1.07	0.62	0.12	0.03
0.020	5.64	3.81	1.99	1.14	0.18	0.04
0.030	7.92	5.43	2.88	1.65	0.24	0.06
0.040	10.10	7.00	3.75	2.15	0.30	0.07
0.050	12.20	8.53	4.61	2.65	0.36	0.08
0.060	14.24	10.03	5.46	3.15	0.42	0.08
0.070	16.23	11.50	6.30	3.64	0.48	0.09
0.080	18.17	12.94	7.14	4.13	0.54	0.10
0.090	20.06	14.36	7.96	4.62	0.60	0.11
0.100	21.91	15.75	8.78	5.11	0.65	0.12
0.200	38.18	28.51	16.56	9.82	1.24	0.18
0.300	51.06	39.33	23.67	14.31	1.82	0.24
0.400	61.26	48.52	30.18	18.57	2.40	0.30
0.500	69.33	56.31	36.13	22.62	2.97	0.36
0.600	75.72	62.93	41.58	26.46	3.54	0.42
0.700	80.78	68.54	46.56	30.12	4.11	0.48

ตาราง ก.12 (ต่อ)

ตัวประกอบเวลา (T)	อัตราส่วน ส.ป.ส. การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) / ส.ป.ส. การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_o)					
	$k_s / k_o = 1$	$k_s / k_o = 0.5$	$k_s / k_o = 0.2$	$k_s / k_o = 0.1$	$k_s / k_o = 0.01$	$k_s / k_o = 0.001$
0.800	84.78	73.30	51.11	33.60	4.67	0.54
0.900	87.95	77.35	55.28	36.90	5.23	0.60
1.000	90.46	80.78	59.09	40.03	5.79	0.66
2.000	99.08	96.28	83.22	63.99	11.18	1.25
3.000	99.91	99.28	93.12	78.38	16.27	1.84
4.000	99.99	99.86	97.18	87.01	21.06	2.43
5.000	100.00	99.97	98.84	92.20	25.58	3.01
6.000	100.00	99.99	99.53	95.32	29.84	3.59
7.000	100.00	100.00	99.81	97.19	33.86	4.17
8.000	100.00	100.00	99.92	98.31	37.64	4.74
9.000	100.00	100.00	99.97	98.99	41.21	5.31
10.000	100.00	100.00	99.99	99.39	44.58	5.88

$$T = \frac{C_h t}{d^2_{ceq}}$$

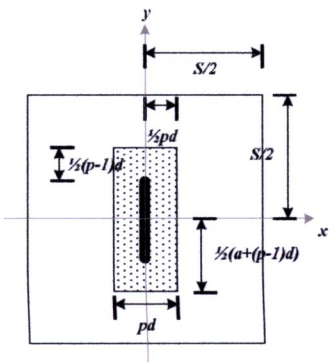
C_h = สัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำตามแนวราบ

$$d_{ceq} = \frac{2S}{\sqrt{\pi}}$$

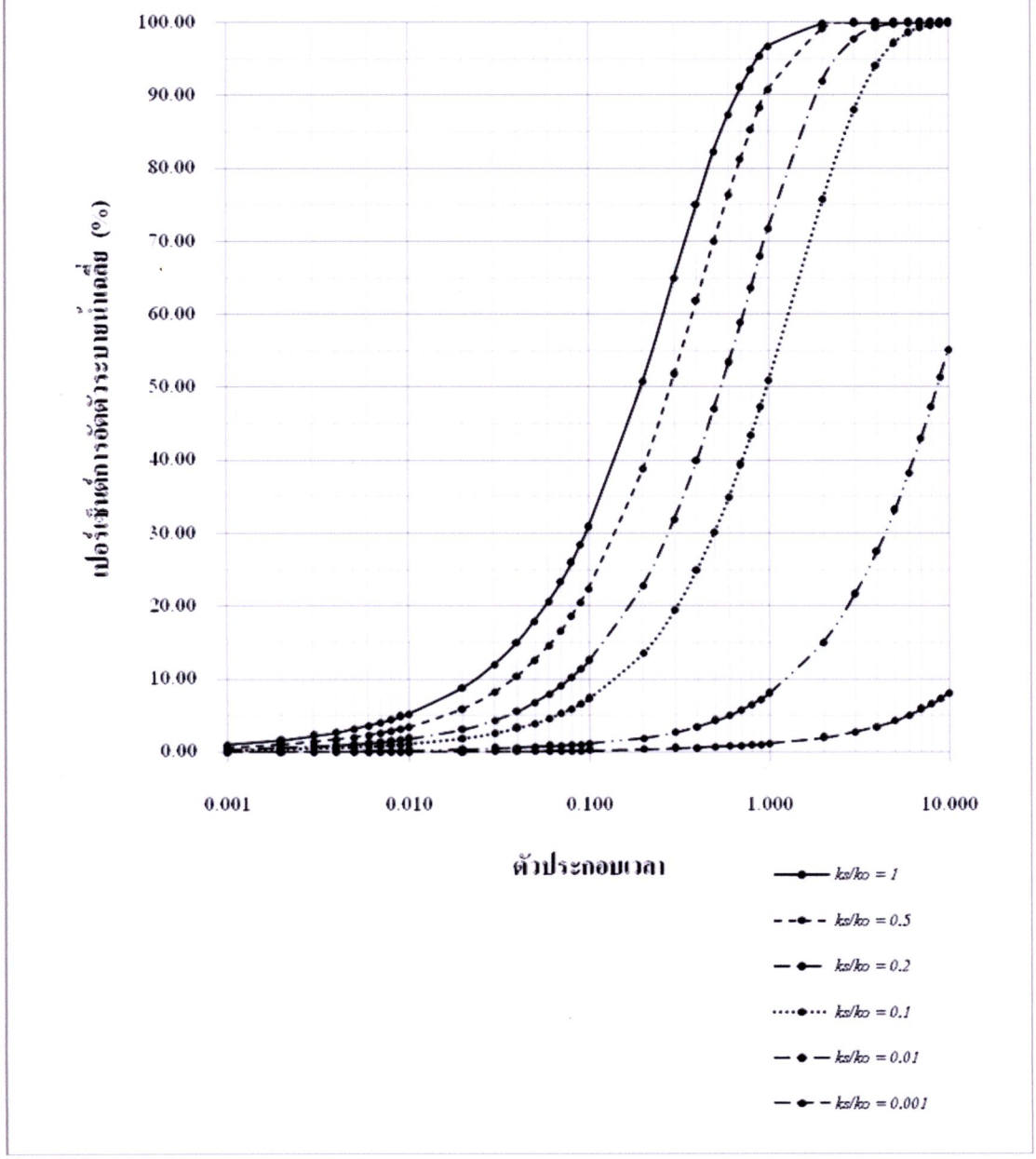
S = ระยะห่างระหว่างแถบทางระบายน้ำ

t = เวลา

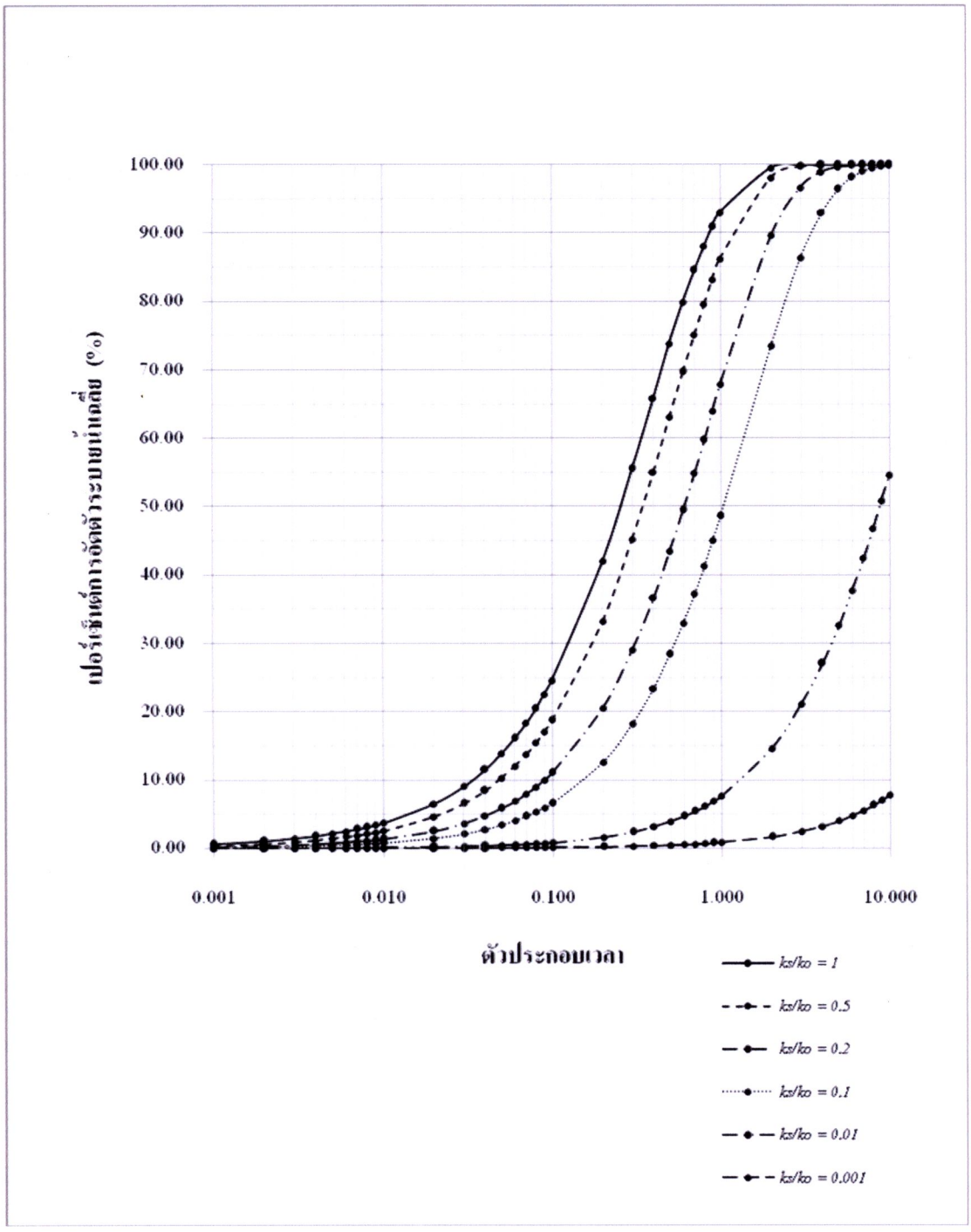
a, d = ขนาดของแบบ (Mandrel)



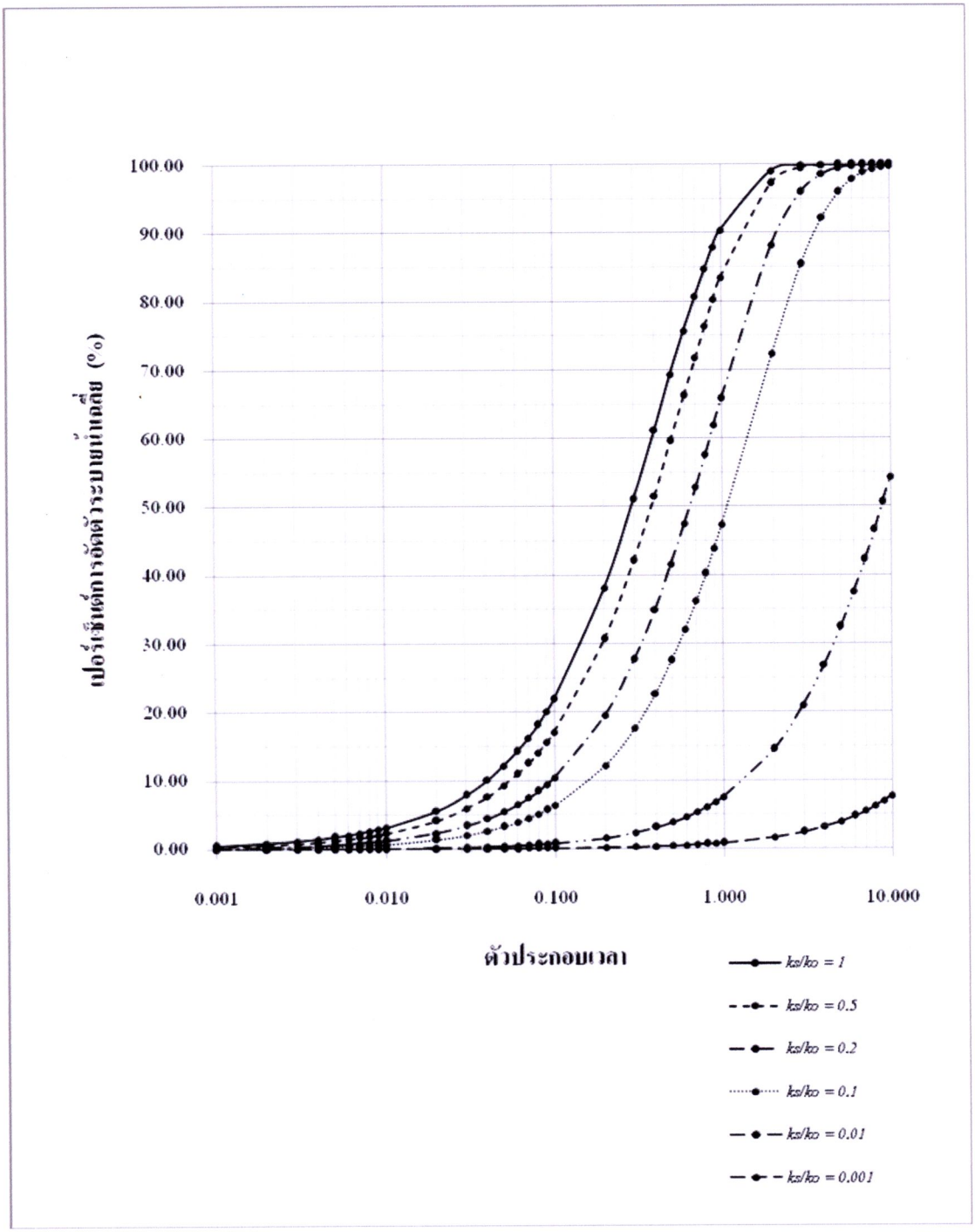
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย



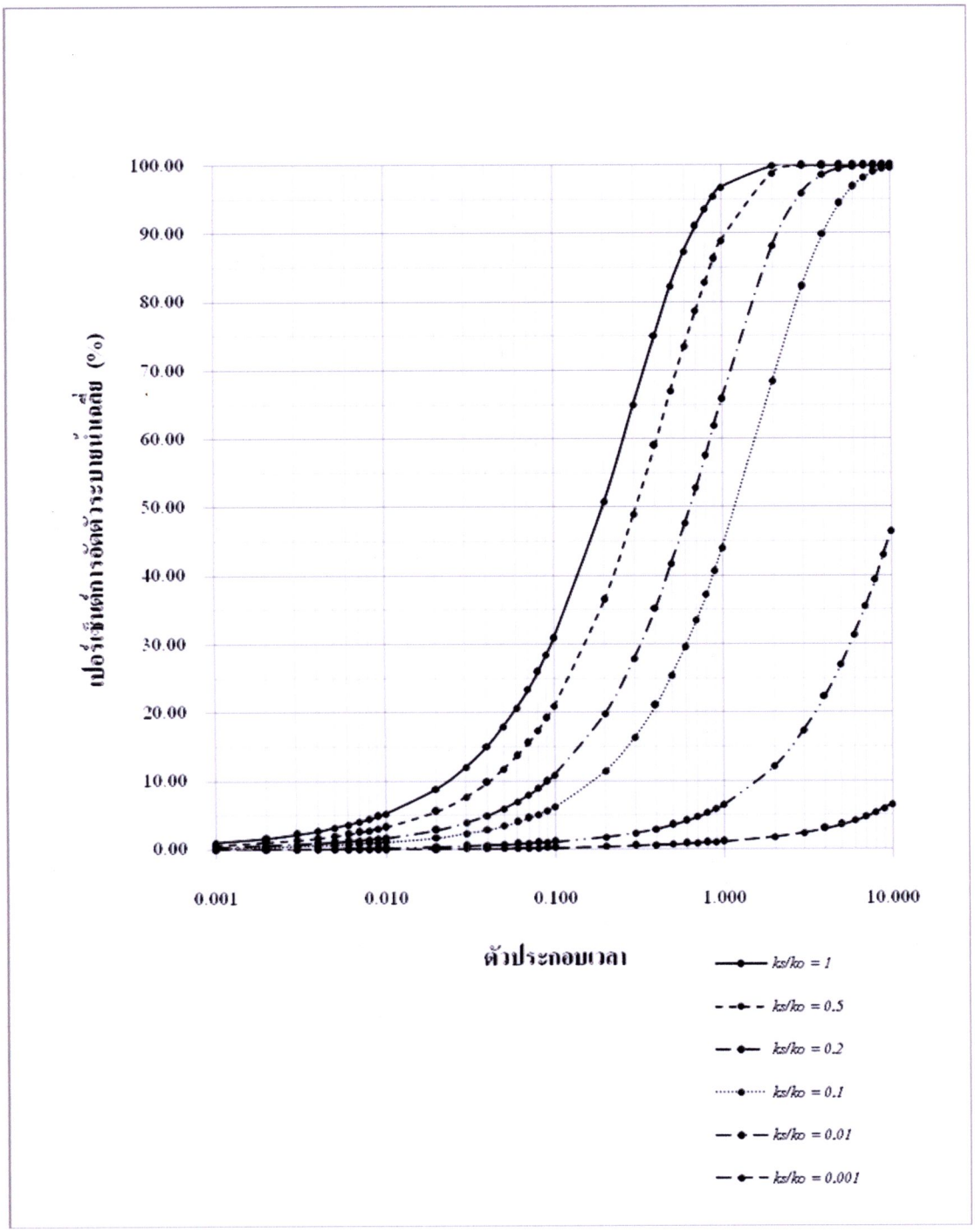
รูป ก.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา *(T)* กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 50มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p=2 ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 1.00 ม



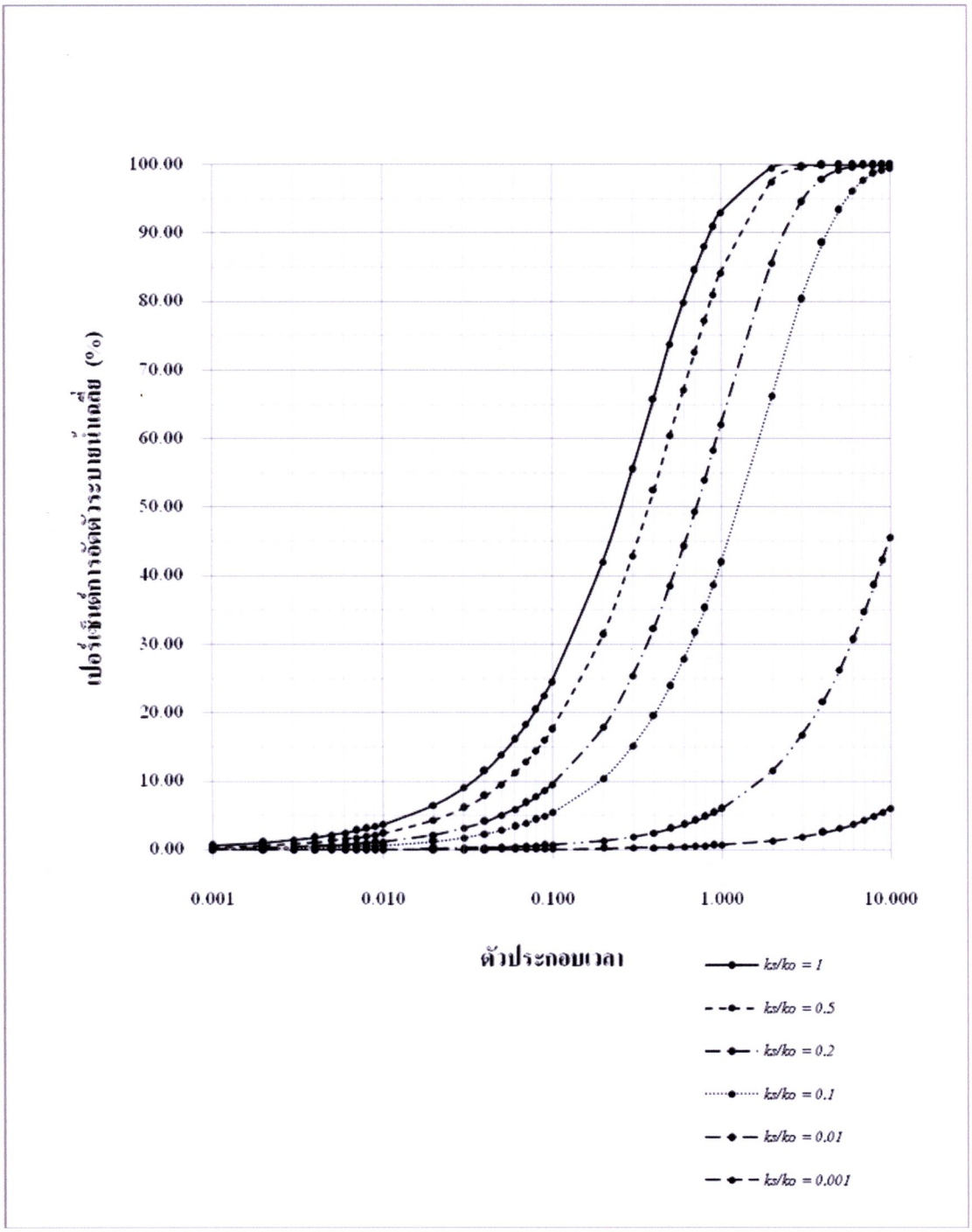
รูป ก.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา *(T)* กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 50มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p=2 ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 2.00 ม



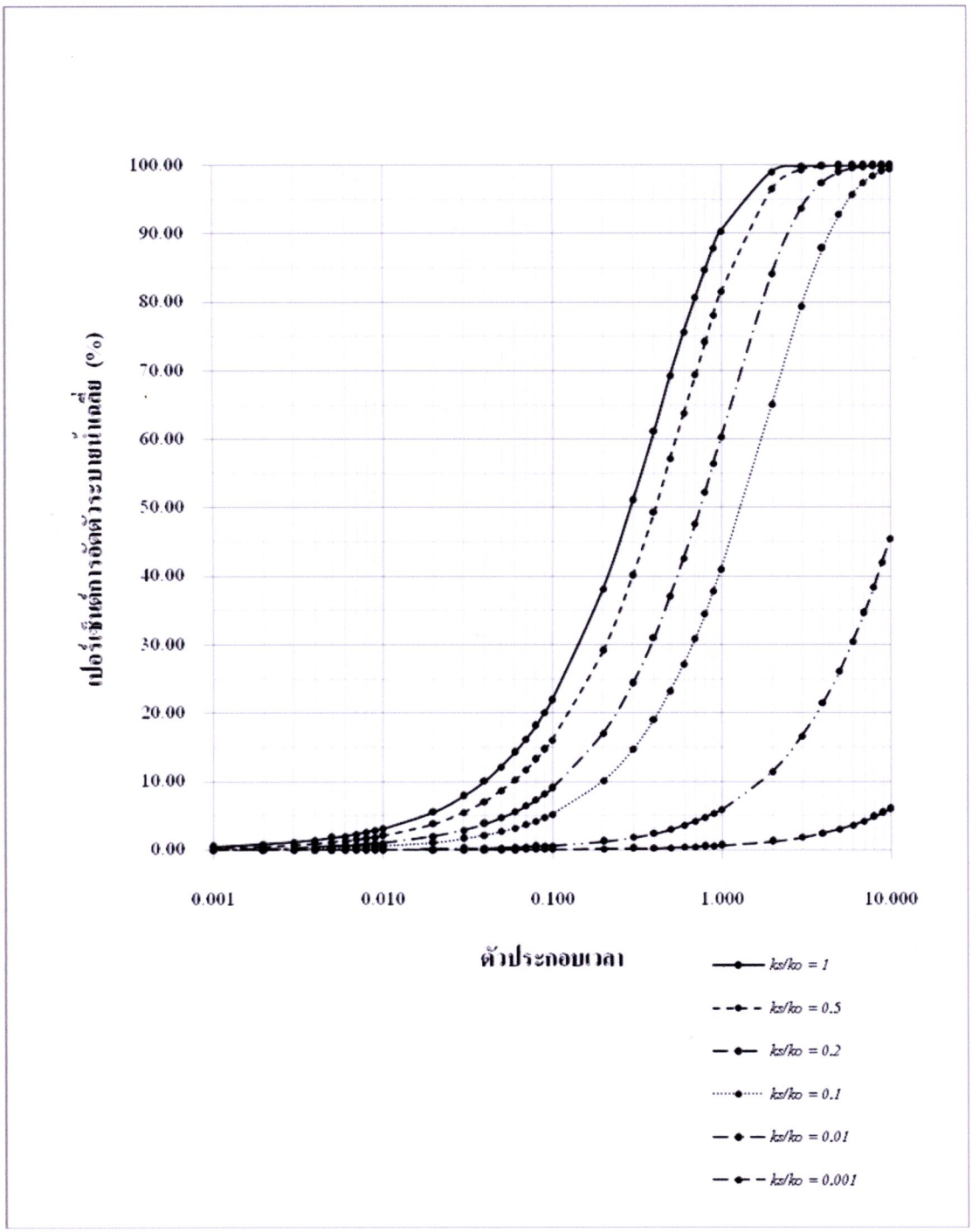
รูป ก.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา *(T)* กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 50มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p=2 ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 3.00 ม



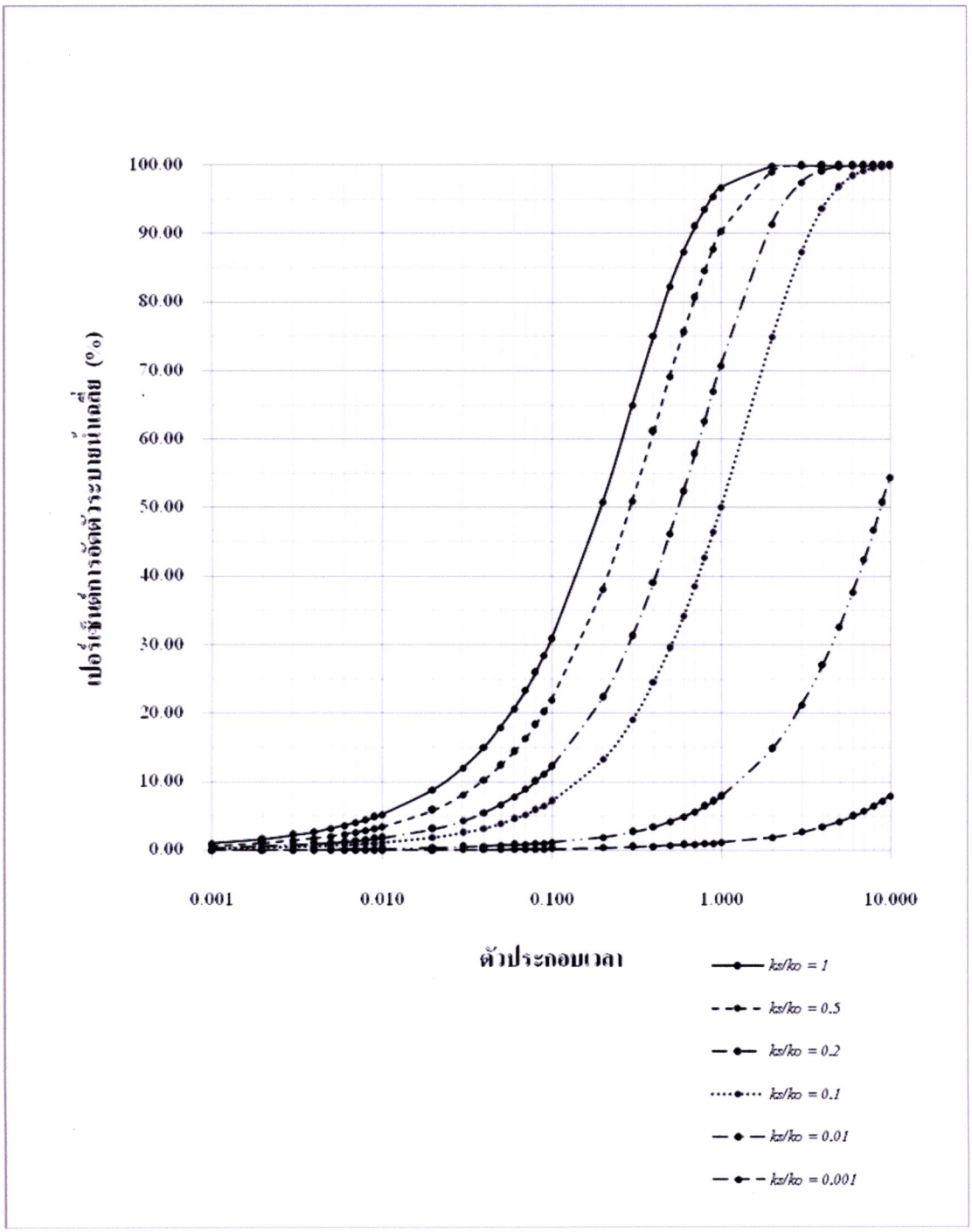
รูป ก.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา *(T)* กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 50มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p=3 ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 1.00 ม



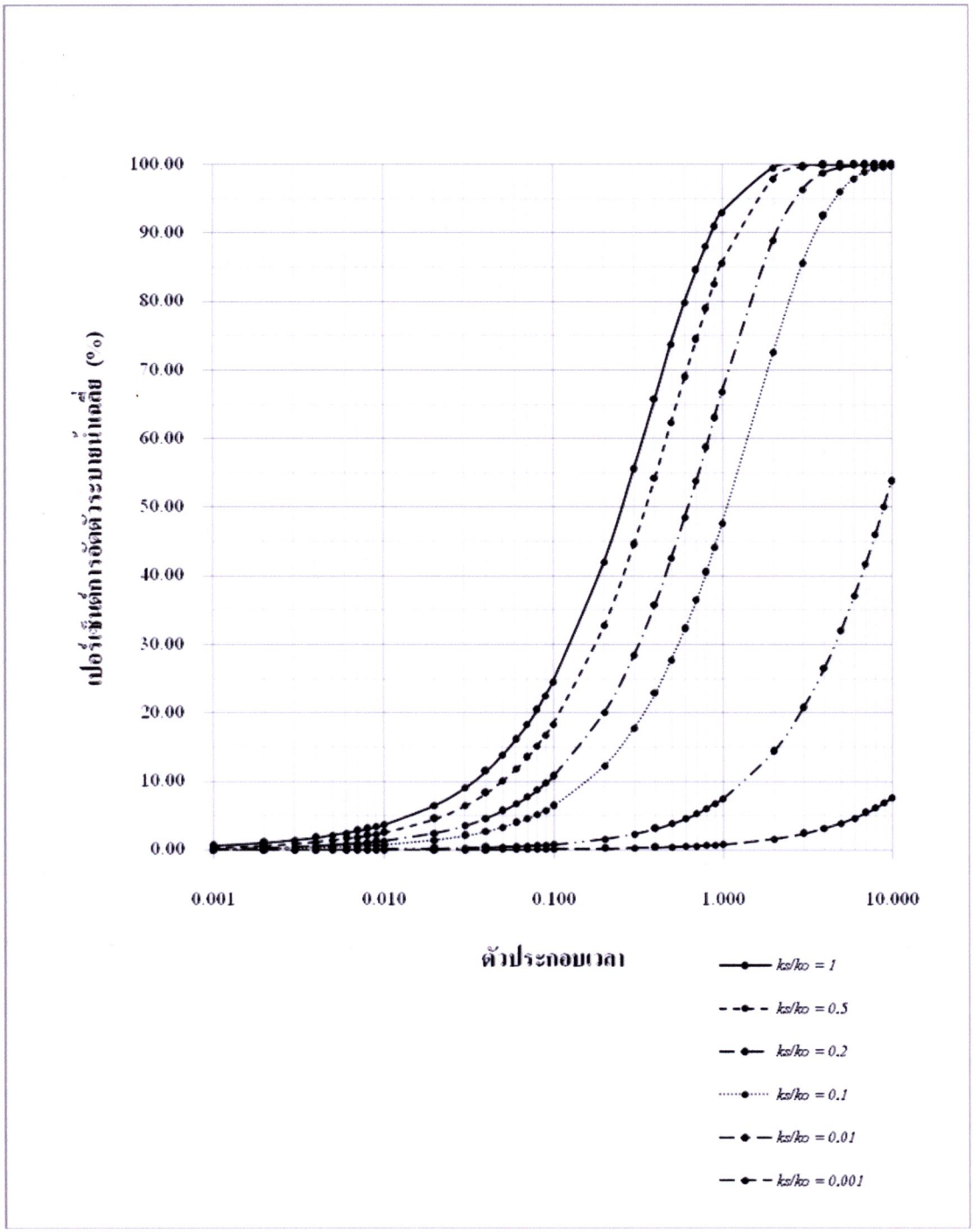
รูป ก.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา *(T)* กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 50มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p=3 ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 2.00 ม



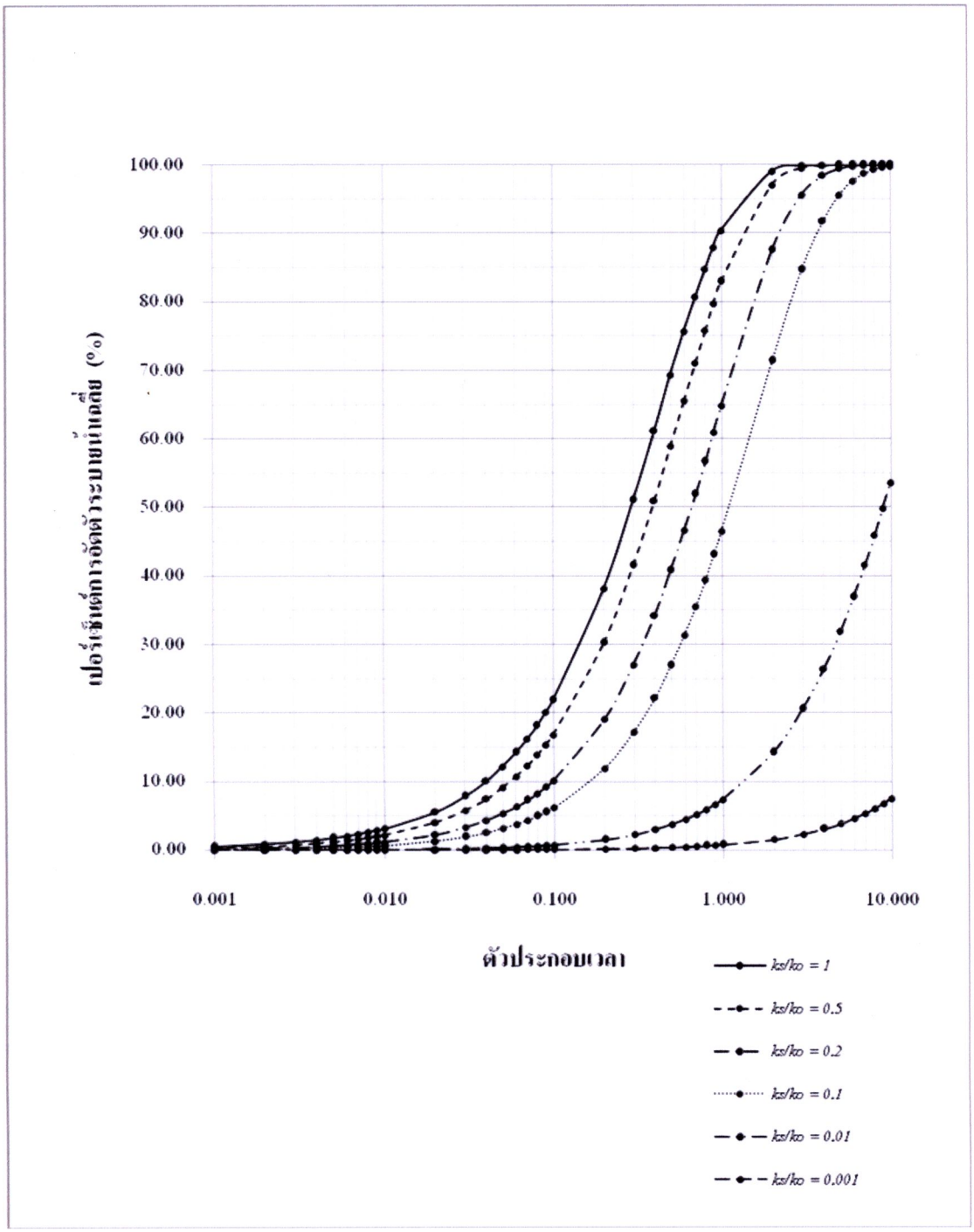
รูป ก.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา *(T)* กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 50มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p=3 ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 3.00 ม



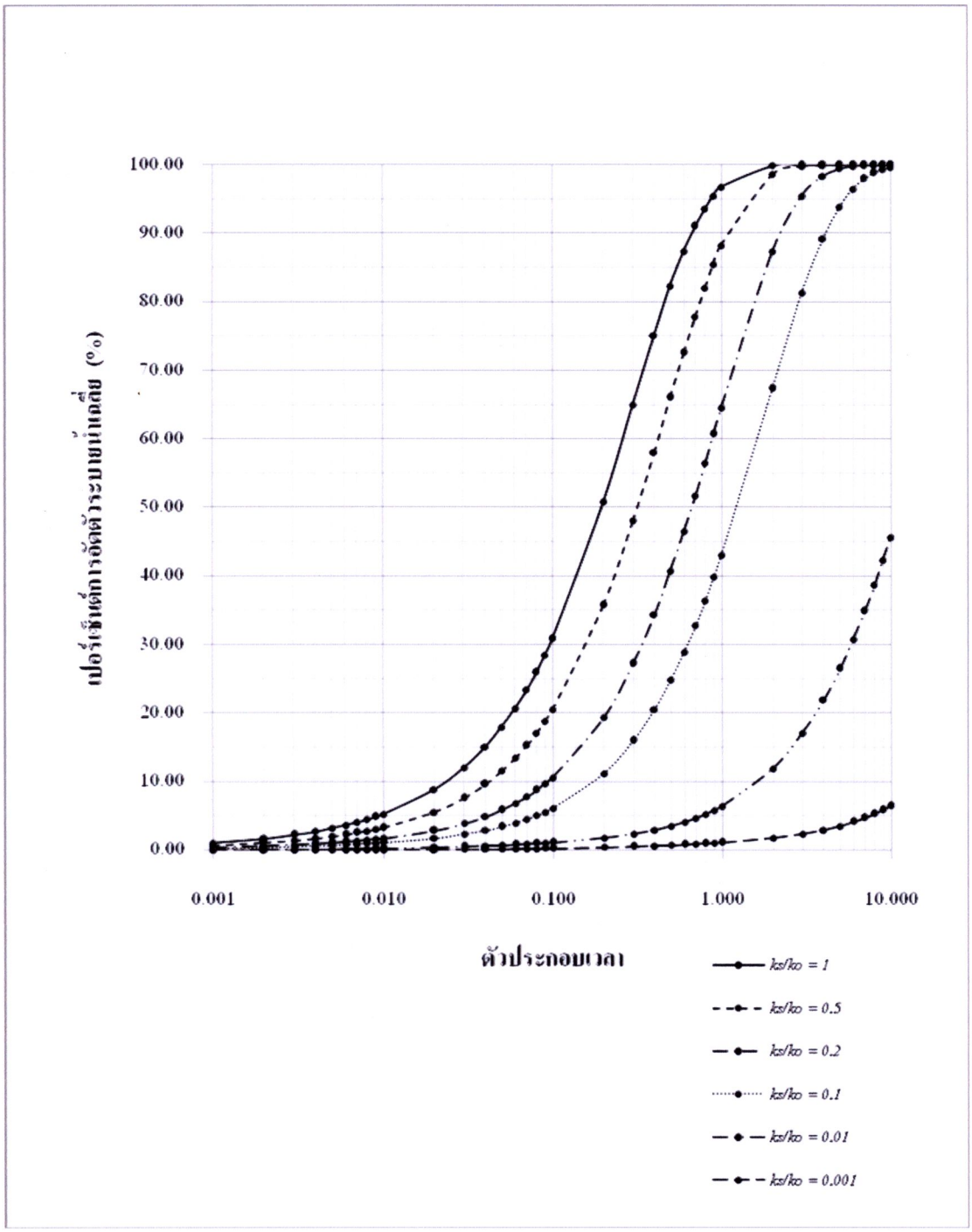
รูป ก.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา *(T)* กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 150มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p=2 ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 1.00 ม



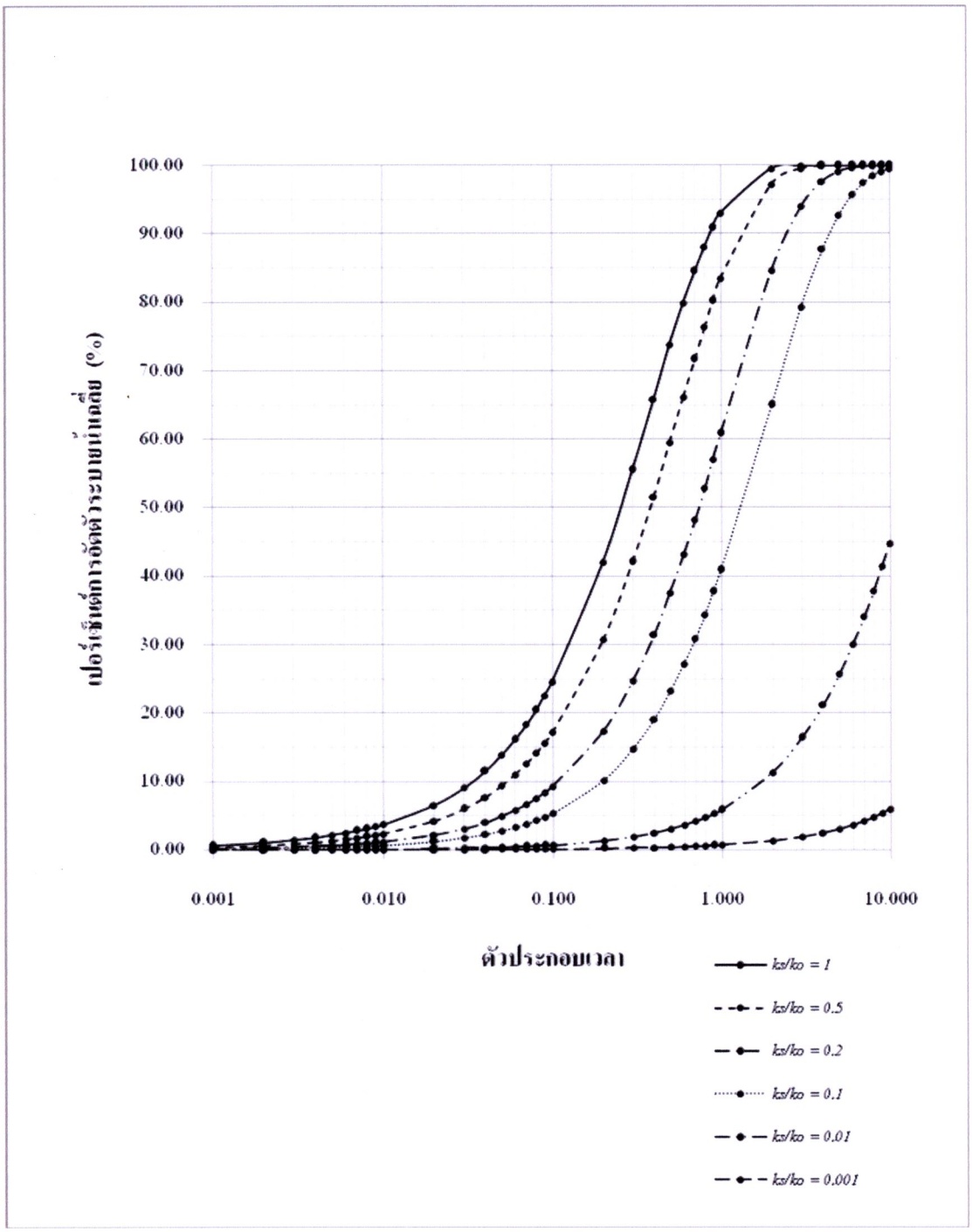
รูป ก.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา *(T)* กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 150มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p=2 ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 2.00 ม



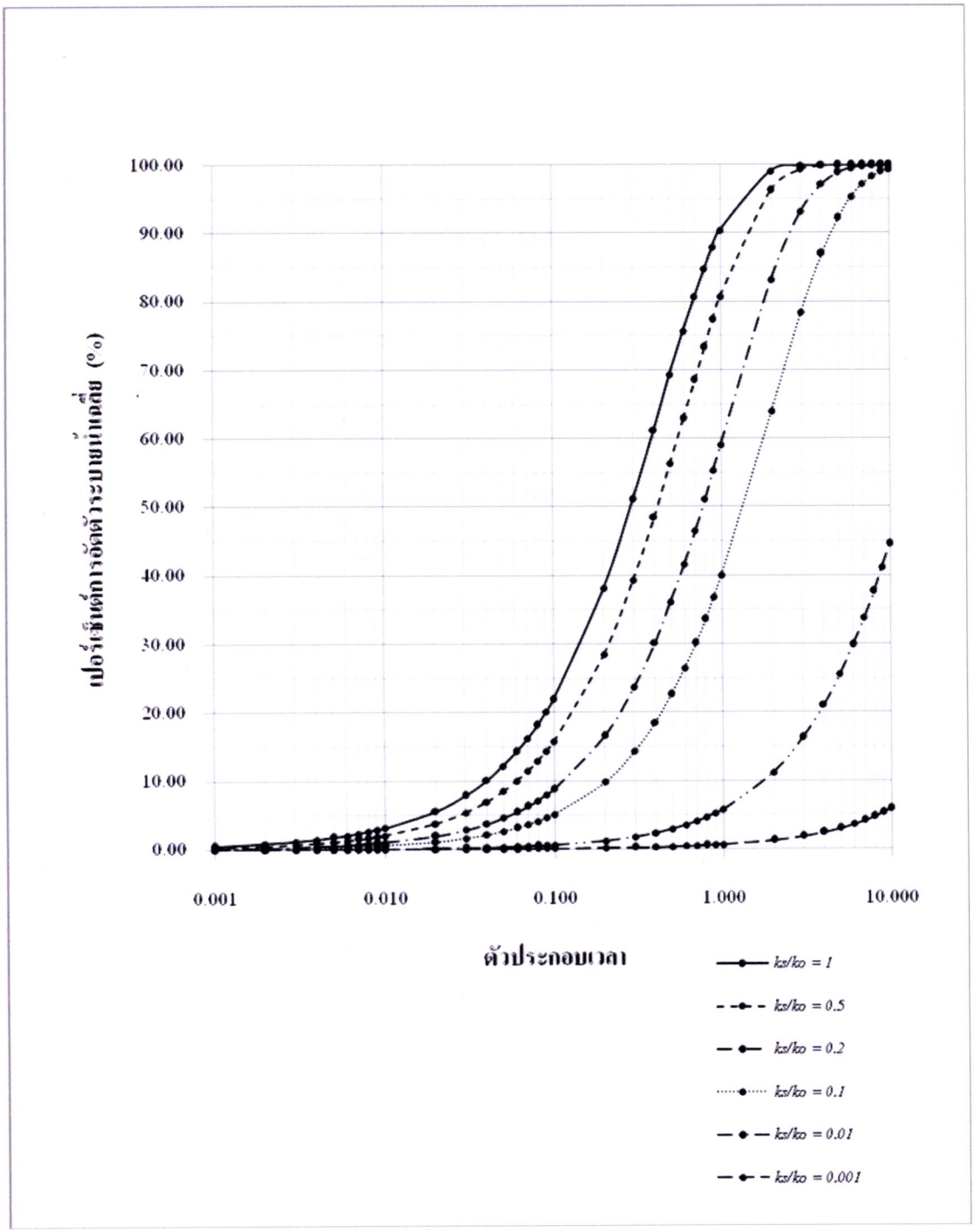
รูป ก.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา *(T)* กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 150มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p=2 ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 3.00 ม



รูป ก.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา *(T)* กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 150มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p=3 ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 1.00 ม



รูป ก.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา *(T)* กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 150มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p=3 ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 2.00 ม



รูป ก.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา *(T)* กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 150มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p=3 ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 3.00 ม

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างโปรแกรมคอมพิวเตอร์
สำหรับวิเคราะห์หาอัตราการระบายน้ำ($\overline{U}$)
ของชั้นดินที่ปรับปรุงเสถียรภาพโดยใช้น้ำหนักบรรทุกกดทับก่อนก่อสร้าง
พร้อมทั้งติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูป
ผังโครงข่ายสี่เหลี่ยมจัตุรัส
โดยวิธีชิ้นประกอบอันตะ

ระยะห่างระหว่างแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปเท่ากับ 1, 2, 3 เมตร
ขนาดของแบบ 150มม. x 50มม. และ 150มม. x 150มม.
บริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p = 2, 3
อัตราส่วนสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี ต่อสัมประสิทธิ์
ความซึมได้ของดินในคงสภาพ
เท่ากับ 0.001, 0.01, 0.1, 0.2, 0.5 และ 1.0

```
c ***************************************************************************
c *                                                                         *
c *              PROGRAM CONSOLIDATION OF SOIL SOLVE BY FEM                 *
c ***************************************************************************
c
      IMPLICIT double precision(A-H,O-Z)
      integer i
      PARAMETER (NRMAX=4000, NCMAX=4000, MAXELM=4000, MAXNOD=4000,
     1     MAXSPV=3,MAXNX=65, MAXNY=65)
      DIMENSION ISPV(MAXSPV,2),VSPV(MAXSPV)
      DIMENSION GLF(NRMAX)
      DIMENSION GLK(NRMAX,NCMAX),GLU(NRMAX)
      DIMENSION NOD(MAXELM,9),GLXY(MAXNOD,2),DX(MAXNX),DY(MAXNY)
      COMMON/STF/ELF(27),ELK(27,27),ELM(27,27),ELXY(9,2),ELU(27),
     1     ELV(27),ELA(27),A1,A2,A3,A4,A5
      COMMON/PST/A10,A1X,A1Y,A20,A2X,A2Y,A00,C0,CX,CY,F0,FX,FY,
     1     C44,C55,AMU,PENLTY
      COMMON/PNT/IPDF,IPDR,NIPF,NIPR
```

```
C
C  ************************************************************************
C  *                                  *
C  *       PREPROCESSOR  UNIT         *
C  ************************************************************************
C
      Open (1,File='01m150x50p2s1k1.dat',status='unknown')
      Write(1,*) 'Ss=1m Ks/Kl=1.0 Mandrel150x50 p=2'
           Write(1,*)'    Timefactor              %Consolidation'
      INTIAL= 0


C
C   Read finite element mesh information
C
      NPE=4
      IEL=1
C
C   When MESH is to be generate for rectangular domains, call
C   MSH2DRectangular
C
           Np=2
      Ss=1.0d0
           NX=int(Ss*20)
           NY=NX
      PR = 1.0d0
c     NTIME =50000
      DT = 0.0001d0
      X0=0.0d0
      DO 5 I=1,NX
      DX(I)=25.0d0
5     continue
      Y0=0.0d0
      DO 6 I=1,NY
```

```
      DY(I)=25.0d0
6     continue

      CALL MSH2DR (IEL,NX,NY,NPE,NNM,NEM,NOD,DX,DY,X0,Y0,GLXY,
     *            MAXELM,MAXNOD,MAXNX,MAXNY)
      NDF=1
      NEQ=NNM*NDF
      NN=NPE*NDF
C
C     Compute the half bandwidth of global coefficient matrix
C
        NHBW=0
        DO 20 N=1,NEM
        DO 20 I=1,NPE
        DO 20 J=1,NPE
        NW=(IABS(NOD(N,I)-NOD(N,J))+1)*NDF
        IF(NHBW.LT.NW) NHBW=NW
20    continue


C
C     Read specified primary
C
      NSPV=3
      ISPV(1,1)=1
            ISPV(2,1)=NX+2
            ISPV(3,1)=NX+2+NX+1
            ISPV(1,2)=1
            ISPV(2,2)=1
            ISPV(3,2)=1
         DO 40  I=1,NSPV
        VSPV(I)=0.0d0
40    continue
```

```
C    Read the coefficient of the differential equation modeled
C
C    A11 = A10 + A1X*X + A1Y*Y ; A22 = A20 + A2X*X + A2Y*Y ;A00=CONST
C


C
C    Read the necessary data for time-depent problems
C
c
c          NSTP=NTIME+1
c          INTVL=NTIME
           INTIAL=1
           ALFA=0.5d0
           GAMA=0.5d0
           EPSLN=0.0d0
           A1=ALFA*DT
           A2=(1.0d0-ALFA)*DT


              DO 50 I=1,NEQ

              GLU(I)=1.0d0
50    continue



C
C ***** END OF THE DATA IN PUT *****
C
```

```
C
C    Define the polynomial degree and number of integration points
C
     IPDR = IEL
     NIPR = IPDR+IEL-1
     IPDF = IEL+1
     ISTR = IEL


C    ***********************************************************
C    *     P R O C E S S O R     U N I T          *
C    ***********************************************************
C
     TIME=0.0d0
C
C    Counter on number of TIME steps begins here
C
     NT=0

c    NCOUNT=0
     Do While(NT .LE. 100000)
c 170  NCOUNT=NCOUNT+1
c       IF(NCOUNT.GE.NSTP) THEN
c          F0=0.0d0
c          FX=0.0d0
c          FY=0.0d0
c       ENDIF
C
C    Initialize the global coefficient matrices and vectors matrices
C
     DO 180  I=1,NEQ
     GLF(I)=0.0d0
     DO 180  J=1,NHBW
     GLK(I,J)=0.0d0
```

```
180   continue

C
C   Do-loop on the number of ELEMENTS to compute element
C
      DO 250 N=1,NEM
      DO 200 I=1,NPE
      NI=NOD(N,I)
      ELXY(I,1)=GLXY(NI,1)
      ELXY(I,2)=GLXY(NI,2)
      LI=(NI-1)*NDF
      L=(I-1)*NDF
      DO 190 J=1,NDF
      LI=LI+1
      L=L+1
      ELU(L)=GLU(LI)
190   continue
200   continue

C
C   Call subroutine ELKMFR to compute Element [K] [M] [F]
C
       CALL ELKMFR (Ss,Np,NX,N,PR,NPE,NN)
C
C   Compute the element coefficient matricesin transient analysis
C
          CALL TIMER(NN)

C
C   ASSEMBLE element matrices to obtain global matrices
C
```

```
      DO 240 I=1,NPE
      NR=(NOD(N,I)-1)*NDF

      DO 240 II=1,NDF
      NR=NR+1
      L=(I-1)*NDF+II
      GLF(NR)=GLF(NR)+ELF(L)

      DO 240 J=1,NPE
      NCL=(NOD(N,J)-1)*NDF

      DO 240 JJ=1,NDF
      M=(J-1)*NDF+JJ
      NC=NCL+JJ+1-NR

        IF(NC.GT.0) THEN
          GLK(NR,NC)=GLK(NR,NC)+ELK(L,M)
        ENDIF
240   continue

 250 CONTINUE

C
C     Impose BOUNDARY CONDITIONS on primary and secondry variables
C
        CALL BOUNRY(ISPV,MAXSPV,NDF,NCMAX,NRMAX,NEQ,NHBW,
     *              NSPV,GLK,GLF,VSPV)

C
C     Call subroutine SOLVER to solve the system of algebraic equations
C

       CALL SOLVER(NRMAX,NCMAX,NEQ,NHBW,GLK,GLF)
        NT = NT+1
```

```
      TIME=TIME+DT
      DO 290 I=1,NEQ
      GLU(I)=GLF(I)
290   continue

C     Print the solution (i.e.,nodal values of the primary variable)
C


      IF(NT.EQ.10)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
      Z=ZP1
      Print*,Z
        Write(1,*) TIME,Z
        ELSEIF(NT .EQ.20)THEN
          CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
      Z=ZP1
      Print*,Z
        Write(1,*) TIME,Z
                MDF=NDF
        ELSEIF(NT .EQ.30)THEN
          CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
      Z=ZP1
      Print*,Z
        Write(1,*) TIME,Z
                MDF=NDF
         ELSEIF(NT .EQ.40)THEN
          CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
      Z=ZP1
      Print*,Z
        Write(1,*) TIME,Z
                MDF=NDF
```

```
            ELSEIF(NT .EQ.50)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
            MDF=NDF
            ELSEIF(NT .EQ.60)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
            MDF=NDF
            ELSEIF(NT .EQ.70)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
            MDF=NDF
            ELSEIF(NT .EQ.80)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
            MDF=NDF
            ELSEIF(NT .EQ.90)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
            MDF=NDF
   ELSEIF(NT .EQ.100)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
```

```
   Write(1,*) TIME,Z
            MDF=NDF
   ELSEIF(NT .EQ.200)THEN
     CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
            MDF=NDF
            ELSEIF(NT .EQ.300)THEN
     CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
            MDF=NDF
            ELSEIF(NT .EQ.400)THEN
     CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
            MDF=NDF
   ELSEIF(NT .EQ.500)THEN
     CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
            MDF=NDF
            ELSEIF(NT .EQ.600)THEN
     CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
            MDF=NDF
            ELSEIF(NT .EQ.700)THEN
     CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
```

```
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
              MDF=NDF
              ELSEIF(NT .EQ.800)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
              MDF=NDF
              ELSEIF(NT .EQ.900)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
              MDF=NDF
   ELSEIF(NT .EQ.1000)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
              MDF=NDF
              ELSEIF(NT .EQ.2000)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
              MDF=NDF
              ELSEIF(NT .EQ.3000)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
              MDF=NDF
```

```
            ELSEIF(NT .EQ.4000)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
            MDF=NDF
            ELSEIF(NT .EQ.5000)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
            MDF=NDF
            ELSEIF(NT .EQ.6000)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
            MDF=NDF
            ELSEIF(NT .EQ.7000)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
            MDF=NDF
            ELSEIF(NT .EQ.8000)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
            MDF=NDF
            ELSEIF(NT .EQ.9000)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
```

```
   Write(1,*) TIME,Z
              MDF=NDF
              ELSEIF(NT .EQ.10000)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
              MDF=NDF
              ELSEIF(NT .EQ.20000)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
              MDF=NDF
              ELSEIF(NT .EQ.30000)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
              MDF=NDF
              ELSEIF(NT .EQ.40000)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
              MDF=NDF
              ELSEIF(NT .EQ.50000)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
              MDF=NDF
              ELSEIF(NT .EQ.60000)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
```

```
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
              MDF=NDF
              ELSEIF(NT .EQ.70000)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
              MDF=NDF
              ELSEIF(NT .EQ.80000)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
              MDF=NDF
              ELSEIF(NT .EQ.90000)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
              MDF=NDF
              ELSEIF(NT .EQ.100000)THEN
      CALL PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
Z=ZP1
Print*,Z
   Write(1,*) TIME,Z
              MDF=NDF

   ELSE

c     DO 300 I=1,NNM
c       II=NDF*(I-1)+1
```

```
c           JJ=II+MDF-1
c300    continue
c 300         WRITE(ITT,950)I,(GLXY(I,J),J=1,2),(GLU(J),J=II,JJ)
c          WRITE(ITT,940)
           END IF



           End do

C
C                    F O R M A T S
C


      CLOSE(1)

      END


      SUBROUTINE BOUNRY(ISPV,MAXSPV,NDF,NCMAX,NRMAX,NEQ,
     *            NHBW,NSPV,S,SL,VSPV)
C     ____________________________________________________________
C
C     The subroutine implements specified values of the primary and
C     secondry variables by modifying the coefficient matrix
C     ____________________________________________________________

      IMPLICIT double precision(A-H,O-Z)
      DIMENSION S(NRMAX,NCMAX),SL(NRMAX),ISPV(MAXSPV,2),VSPV(MAXSPV)
c     COMMON/IO/IN,ITT
C
```

```
C    Implement specified values of the PRIMARY VARIABLES:_____
C
      DO 50 NB=1,NSPV
      IE=(ISPV(NB,1)-1)*NDF+ISPV(NB,2)
      VALUE=VSPV(NB)
      IT=NHBW-1
      I=IE-NHBW
      DO 30 II=1,IT
      I=I+1
      IF(I.GE.1) THEN
       J=IE-I+1
       SL(I)=SL(I)-S(I,J)*VALUE
       S(I,J)=0.0d0
      ENDIF
 30    CONTINUE
      S(IE,1)=1.0d0
      SL(IE)=VALUE
      I=IE
      DO 40 II=2,NHBW
      I=I+1
      IF(I.LE.NEQ) THEN
       SL(I)=SL(I)-S(IE,II)*VALUE
       S(IE,II)=0.0d0
      ENDIF
 40    CONTINUE
 50    CONTINUE
    RETURN
    END

    SUBROUTINE ELKMFR(Ss,Np,NX,N,PR,NPE,NN)
C    _____
C
C    Element calculation based on linear and quadratic rectangular
C    element
```

```
C  _____
C
      IMPLICIT double precision(A-H,O-Z)
      INTEGER N,NN,Np,NX
      COMMON/STF/ELF(27),ELK(27,27),ELM(27,27),ELXY(9,2),ELU(27),
     1       ELV(27),ELA(27),A1,A2,A3,A4,A5
      COMMON/PST/A10,A1X,A1Y,A20,A2X,A2Y,A00,C0,CX,CY,F0,FX,FY,
     1       C44,C55,AMU,PENLTY
      COMMON/SHP/SF(9),GDSF(2,9)
      COMMON/PNT/IPDF,IPDR,NIPF,NIPR
      DIMENSION  GAUSPT(5,5),GAUSWT(5,5)

C
      DATA GAUSPT/5*0.0D0, -0.57735027D0, 0.57735027D0, 3*0.0D0,
     2  -0.77459667D0, 0.0D0, 0.77459667D0, 2*0.0D0, -0.86113631D0,
     3  -0.33998104D0, 0.33998104D0, 0.86113631D0, 0.0D0, -0.90617984D0,
     4  -0.53846931D0,0.0D0,0.53846931D0,0.90617984D0/
C
      DATA GAUSWT/2.0D0, 4*0.0D0, 2*1.0D0, 3*0.0D0, 0.55555555D0,
     2   0.88888888D0, 0.55555555D0, 2*0.0D0, 0.34785485D0,
     3 2*0.65214515D0, 0.34785485D0, 0.0D0, 0.23692688D0,
     4   0.47862867D0, 0.56888888D0, 0.47862867D0, 0.23692688D0/
C

          Pi=3.14159265d0
          Dceq=2.0d0*Ss*1000.0d0/dsqrt(pi)
      NDF = NN/NPE
      NET=NPE
C
C    Initialize the arrys
C
      DO 120 I=1,NN
      ELF(I) =0.0d0
      DO 120 J=1,NN
```

```
      ELM(I,J)=0.0d0
      ELK(I,J)=0.0d0
  120 continue
C
C     Do loop on numerical(Gauss) integration begin here. Subroutine
C     SHPRCT is call
C
      IPDF = 4
      DO 200 NI=1,IPDF
      DO 200 NJ=1,IPDF
      XI  = GAUSPT(NI,IPDF)
      ETA = GAUSPT(NJ,IPDF)

        CALL SHPRCT(NPE,XI,ETA,DET,ELXY)

        CNST = DET*GAUSWT(NI,IPDF)*GAUSWT(NJ,IPDF)
      X=0.0d0
      Y=0.0d0
      DO 140 I=1,NPE
      X=X+ELXY(I,1)*SF(I)
      Y=Y+ELXY(I,2)*SF(I)
  140 continue
      F0=0.0D0
            Fx=0.0D0
            FY=0.0D0
      SOURCE=F0+FX*X+FY*Y
            A1X=0.0d0
            A1Y=0.0D0
            A2X=0.0d0
            A2Y=0.0D0
            IF(Np .EQ.2) THEN
      If((N .GE. 1 ).AND. (N .LE. Np)) then
            A10=Dceq**2*PR
            A20=Dceq**2*PR
```

```
A11=A10+A1X*X+A1Y*Y
A22=A20+A2X*X+A2Y*Y
elseif((N .GE.(1+NX)) .AND.(N .LE.(Np+NX)))          then
A10=Dceq**2*PR
A20=Dceq**2*PR
A11=A10+A1X*X+A1Y*Y
A22=A20+A2X*X+A2Y*Y
elseif((N .GE.(1+2*NX)) .AND.(N .LE.(Np+2*NX)))then
A10=Dceq**2*PR
A20=Dceq**2*PR
A11=A10+A1X*X+A1Y*Y
A22=A20+A2X*X+A2Y*Y
elseif((N .GE.(1+3*NX)) .AND.(N .LE.(Np+3*NX))) then
A10=Dceq**2*PR
A20=Dceq**2*PR
A11=A10+A1X*X+A1Y*Y
A22=A20+A2X*X+A2Y*Y
else
A10=Dceq**2
A20=Dceq**2
A11=A10+A1X*X+A1Y*Y
A22=A20+A2X*X+A2Y*Y
Endif
ELSE
If((N .GE. 1 ).AND. (N .LE. Np)) then
A10=Dceq**2*PR
A20=Dceq**2*PR
A11=A10+A1X*X+A1Y*Y
A22=A20+A2X*X+A2Y*Y
elseif((N .GE.(1+NX)) .AND.(N .LE.(Np+NX)))          then
A10=Dceq**2*PR
A20=Dceq**2*PR
A11=A10+A1X*X+A1Y*Y
A22=A20+A2X*X+A2Y*Y
```

```
      elseif((N .GE.(1+2*NX)) .AND.(N .LE.(Np+2*NX)))then
      A10=Dceq**2*PR
      A20=Dceq**2*PR
      A11=A10+A1X*X+A1Y*Y
      A22=A20+A2X*X+A2Y*Y
      elseif((N .GE.(1+3*NX)) .AND.(N .LE.(Np+3*NX))) then
      A10=Dceq**2*PR
      A20=Dceq**2*PR
      A11=A10+A1X*X+A1Y*Y
      A22=A20+A2X*X+A2Y*Y

elseif((N .GE.(1+4*NX)) .AND.(N .LE.(Np+4*NX))) then
      A10=Dceq**2*PR
      A20=Dceq**2*PR
      A11=A10+A1X*X+A1Y*Y
      A22=A20+A2X*X+A2Y*Y

      else
      A10=Dceq**2
      A20=Dceq**2
      A11=A10+A1X*X+A1Y*Y
      A22=A20+A2X*X+A2Y*Y

      end if
      ENDIF
      A00=0.0d0

      C0=1.0D0
      CX=0.0D0
      CY=0.0d0
      CT=C0+CX*X+CY*Y
II=1
DO 180 I=1,NET
JJ=1
```

```
      DO 160 J=1,NET
        S00=SF(I)*SF(J)*CNST
        S11=GDSF(1,I)*GDSF(1,J)*CNST
        S22=GDSF(2,I)*GDSF(2,J)*CNST
        S12=GDSF(1,I)*GDSF(2,J)*CNST
        S21=GDSF(2,I)*GDSF(1,J)*CNST

      ELK(I,J) = ELK(I,J) + A11*S11 + A22*S22 + A00*S00

      ELM(I,J) = ELM(I,J) + CT*S00

      JJ=NDF*J+1
  160 continue
C
C     Source of the form fx= F0 + FX*X + FY*Y is assumed
C
          L=(I-1)*NDF+1
          ELF(L) = ELF(L)+CNST*SF(I)*SOURCE
      II=NDF*I+1
  180 continue
  200 CONTINUE
      RETURN
      END


      SUBROUTINE MSH2DR(IEL,NX,NY,NPE,NNM,NEM,NOD,DX,DY,X0,Y0,
     1            GLXY,MAXNEM,MAXNNM,MAXNX,MAXNY)
C     ________________________________________________________________
C
C     The subroutine generate arrays [NOD] and [GLXY] for rectangular
C     Domains.
C     ________________________________________________________________
C
      IMPLICIT double precision (A-H,O-Z)
```

```
      DIMENSION NOD(MAXNEM,9),GLXY(MAXNNM,2),DX(MAXNX),DY(MAXNY)
      COMMON/IO/IN,ITT

      NEX1 = NX+1
      NEY1 = NY+1
      NXX  = IEL*NX
      NYY  = IEL*NY
      NXX1 = NXX+1
      NYY1 = NYY+1
      NEM  = NX*NY
      NNM=NXX1*NYY1
C
C     RECTANGULAR ELEMENTS
C
        K0 = 0
        NOD(1,1) = 1
        NOD(1,2) = IEL+1
        NOD(1,3) = NYY1+(IEL-1)*NEY1+IEL+1
        NOD(1,4) = NOD(1,3)-IEL
        IF(NY.GT.1.) THEN
          M=1
          DO 110 N=2,NX
          L=(N-1)*NY + 1
          DO 100 I=1,NPE
        NOD(L,I) = NOD(M,I) + NYY1 +(IEL-1)*NEY1+K0*NY
  100   continue
        M=L
  110   continue
        ENDIF
        IF(NX.GT.1) THEN
          DO 140 NI = 2,NY
          DO 120 I = 1,NPE
          K1=IEL
        NOD(NI,I) = NOD(NI-1,I)+K1
```

```
 120    continue
        M=NI
        DO 140 NJ = 2,NX
        L = (NJ-1)*NY+NI
        DO 130 J = 1,NPE
       NOD(L,J) = NOD(M,J)+NYY1+(IEL-1)*NEY1+K0*NY
 130    continue
       M=L
 140    continue
      ENDIF
c
C    Generate the global coordinates of the nodes
C
    DX(NEX1) = 0.0
    DY(NEY1) = 0.0
    XC=X0
    YC=Y0
      YC=Y0
      DO 200 NI = 1, NEX1
      YC=Y0
      I = NYY1*IEL*(NI-1)
      DO 190 NJ = 1,NEY1
      I=I+1
      GLXY(I,1) = XC
      GLXY(I,2) = YC
      YC = YC + DY(NJ)/IEL
 190    continue
      YC = Y0
      XC = XC + DX(NI)/IEL
 200    continue
    RETURN
    END
```

```
      SUBROUTINE SHPRCT(NPE,XI,ETA,DET,ELXY)
C     ------------------------------------------------------------------
C
C     The subroutine evaluates the interpolation functuon (SF(I))
C     and their derivative with respect to global coordinates
C     (GDSF(I3,J)) for LAGRANGE linear&quadratic rectangular element
C     useing the isoparametric formulation
C     ------------------------------------------------------------------
C
      IMPLICIT double precision (A-H,O-Z)
      DIMENSION  ELXY(9,2),XNODE(9,2),DSF(2,9),GJ(2,2),GJINV(2,2)
      COMMON/SHP/SF(9) ,GDSF(2,9)
      DATA XNODE/-1.0D0,2*1.0D0, -1.0D0,0.0D0,1.0D0,0.0D0,-1.0D0,
     *       0.0D0,2*-1.0D0,2*1.0D0,-1.0D0, 0.0D0,1.0D0,2*0.0D0/

      FNC(A,B)=A*B

C
C     LINEAR LAGRANGE interpolation function for FOUR-NODE element
C
      DO 10 I= 1,NPE
      XP  =  XNODE(I,1)
      YP  =  XNODE(I,2)
      XI0 =  1.0d0+XI*XP
      ETA0=  1.0d0+ETA*YP
      SF(I)    =  0.25d0*FNC(XI0,ETA0)
      DSF(1,I) =  0.25d0*FNC(XP,ETA0)
      DSF(2,I) =  0.25d0*FNC(YP,XI0)
   10 continue
C
C     Compute the Jacobian (GJ) and its inverse (GJINV)
C
      DO 40 I = 1,2
      DO 40 J = 1,2
```

```
      GJ(I,J) = 0.0
      DO 40 K = 1,NPE
      GJ(I,J) = GJ(I,J)+DSF(I,K)*ELXY(K,J)
   40 continue
      DET = GJ(1,1)*GJ(2,2)-GJ(1,2)*GJ(2,1)
      GJINV(1,1) =  GJ(2,2)/DET
      GJINV(2,2) =  GJ(1,1)/DET
      GJINV(1,2) = -GJ(1,2)/DET
      GJINV(2,1) = -GJ(2,1)/DET

C
C     Compute the derivatives of the interpolation function
C     with respect to the global coordinates (x,y):[GDSF]
C
      DO 50 I = 1,2
      DO 50 J = 1,NPE
      GDSF(I,J) = 0.0
      DO 50 K = 1,2
      GDSF(I,J) = GDSF(I,J) + GJINV(I,K)*DSF(K,J)
   50 continue
      RETURN
      END


      SUBROUTINE SOLVER(NRM,NCM,NEQNS,NBW,BAND,RHS)
C     ------------------------------------------------------------
C
C     The subroutine solves a banded, symmetric, system of algebric
C     equation using the Gauss elimination method
C     ------------------------------------------------------------
C
      IMPLICIT double precision(A-H,O-Z)
      DIMENSION BAND(NRM,NCM),RHS(NRM)
```

```
      MEQNS=NEQNS-1
        DO 30 NPIV=1,MEQNS
        NPIVOT=NPIV+1
        LSTSUB=NPIV+NBW-1
        IF(LSTSUB.GT.NEQNS) THEN
          LSTSUB=NEQNS
        ENDIF
      DO 20 NROW=NPIVOT,LSTSUB
      NCOL=NROW-NPIV+1
      FACTOR=BAND(NPIV,NCOL)/BAND(NPIV,1)
      DO 10 NCOL=NROW,LSTSUB
      ICOL=NCOL-NROW+1
      JCOL=NCOL-NPIV+1
      BAND(NROW,ICOL)=BAND(NROW,ICOL)-FACTOR*BAND(NPIV,JCOL)
   10   continue
      RHS(NROW)=RHS(NROW)-FACTOR*RHS(NPIV)
   20   continue
   30 CONTINUE
C
C     Back substitution
C
      DO 90 IJK=2,NEQNS
      NPIV=NEQNS-IJK+2
      RHS(NPIV)=RHS(NPIV)/BAND(NPIV,1)
      LSTSUB=NPIV-NBW+1
      IF(LSTSUB.LT.1) THEN
        LSTSUB=1
      ENDIF
      NPIVOT=NPIV-1
      DO 80 JKI=LSTSUB,NPIVOT
      NROW=NPIVOT-JKI+LSTSUB
      NCOL=NPIV-NROW+1
      FACTOR=BAND(NROW,NCOL)
      RHS(NROW)=RHS(NROW)-FACTOR*RHS(NPIV)
```

```
 80   continue
 90 CONTINUE
    RHS(1)=RHS(1)/BAND(1,1)
    RETURN
    END


    SUBROUTINE TIMER(NN)
C   ____________________________________________________________
C
C   the subroutine computes the algebric equation associated with
C   the parabolic differential equations by useing the alfa-family
C   of approximations
C   ____________________________________________________________
C
    IMPLICIT double precision(A-H,O-Z)
    COMMON/STF/ELF(27),ELK(27,27),ELM(27,27),ELXY(9,2),ELU(27),
   1        ELV(27),ELA(27),A1,A2,A3,A4,A5

C
C   The alfa-family of time approximation for parabolic equation
C
      DO 20 I=1,NN
      SUM=0.0
      DO 10 J=1,NN
      SUM=SUM+(ELM(I,J)-A2*ELK(I,J))*ELU(J)
      ELK(I,J)=ELM(I,J)+A1*ELK(I,J)
 10   continue
      ELF(I)=(A1+A2)*ELF(I)+SUM
 20   continue
    RETURN
    END
```

```
      SUBROUTINE PERC(Ss,NX,NY,GLU,ZP1)
      DOUBLE PRECISION GLU,Ss,UZ,ZP1
      PARAMETER (NRMAX=3730)
      DIMENSION UZ(NRMAX),GLU(NRMAX)
      INTEGER i1,i2,i3,i4,I,J,NX,NY


Do J=1,NY+1
      UZ(J)=GLU(1+(J-1)*(NX+1))+GLU(NX+1+(J-1)*(NX+1))

      i1=3+(J-1)*(Nx+1)
      i2=(NX-1)+(j-1)*(NX+1)
      Do i=i1,i2,2
      UZ(J)=UZ(J)+2.0d0*GLU(i)
      End do


      i3=2+(J-1)*(NX+1)
      i4=NX+(J-1)*(NX+1)
      Do i=i3,i4,2
      UZ(J)=UZ(J)+4.0d0*GLU(i)
      End do


      UZ(J)=UZ(J)*25.0d0/3.0d0


      End do

      ZP1=UZ(1)+UZ(NY+1)
      DO i=3,NY-1,2
      ZP1=ZP1+2.0d0*UZ(i)
      End do
      Do i=2,NY,2
```

```
ZP1=ZP1+4.0d0*UZ(i)
End do
ZP1=ZP1*25.0d0/3.0d0

ZP1=(1.0d0-4.0d0*ZP1/(Ss*1000.0d0)**2)*100.0d0


End
```

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - สกุล นายอนุรักษ์ ทับทิมทอง

วัน เดือน ปี เกิด 21 มกราคม 2523

ประวัติการศึกษา

2537	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสามัคคีวิทยาคม
2540	สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นต้น วิทยาลัยเทคนิคพะเยา
2542	สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตภาคพายัพ
2546	สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ประสบการณ์ทำงาน

2546 – 2553 นายช่างโยธา แขวงการทางพะเยา กรมทางหลวง

2553 – ปัจจุบัน วิศวกรโยธา สำนักทางหลวงที่ 2 (แพร่) กรมทางหลวง