

รายการอ้างอิง



- A Division of the Nicolon Corporation. Design Methodology for MIRAFI® Reinforced Soil Slopes and Embankments. Norcross , December 1992.
- British Standards Institution. British Standard . BS 8006 : Code of Practice for Strengthened/ Reinforced Soils and other Fills. London , 1995.
- Duarte, F.M. and Satterlee, G.S. Case Study of a Geotextile Reinforced Levee on a Soft Clay Foundation. Geosynthetics'89 Conference (1989) : 160-171.
- Fowler, J. Theoretical Design Considerations for Fabric-Reinforced Embankments. Proc. Second International Conference of Geotextiles Vol. 3 (1982) : 665-670.
- Fowler, J. and Koerner, R.M. Stabilization of Very Soft Soils Using Geosynthetic. Geosynthetic'87 Conference (1987) : 289-300.
- Hausmann, M.R. Engineering Principles of Ground Modification. Singapore : McGraw-Hill , 1990.
- Houlihan, M.F. , Rodgers, W.K. , Willibey, G. and Williams, N.D. Design and Construction of Synthetic-Grid Reinforced Embankment over Soft Waste. Geosynthetics'89 Conference (1989) : 148-159.
- Ingold, T.S. and Miller, K.S. Short , Intermediate and Long Term Stability of Geotextile Reinforced Embankments over Soft Clays. Proc. Third International Conference on Geotextiles (1986) : 255-260.
- Jewell, R.A. A Limit Equilibrium Design Method for Reinforced Embankments on Soft Foundation. Proc. Second International Conference on Geotextiles Vol. 3 (1982) : 671-676.
- Koh, C.C. Design Guidelines for Geotextile Reinforced Embankments on Soft Clay Based on Full Scale Tests. Master's Thesis, Department of Civil Engineer, AIT, Bangkok. 1995.
- Lee, W.A. , Thomas, S.L. , Sunil, S. and Glenn, M.B. Slope Stability and Stabilization Methods. New York : John Wiley & Sons, 1996.

- Low, B.K., Stability Analysis of Embankments on Soft Ground. Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE Vol.115, No.2 (1989) : 211-227.
- Mesri, G., Discussion on : New Design Procedure for Stability of Soft Clays. Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE Vol.101(GT4) (1975) : 409-412.
- Poulos, H.G. , Davis, E.H. Elastic Solutions for Soil and Rock Mechanics. New York : John Wiley & Sons, 1974.
- Rowe, R.K., Reinforced Embankments : Analysis and Design. Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE Vol.110, No.2 (1984) : 231-246.
- TC Mirafi, Guidelines for the Selection of Woven Geotextiles for Subgrade Stabilization. Pendergrass : TC Mirafi. (Unpublished Manuscript)
- Terram Limited. TERRAM Geotextiles : Designing for Soil Reinforcement. England, 1995.

ภาคผนวก ก

- ข้อมูลดิบของผลการตรวจวัดในสนามของแปลงทดสอบ TS-1 และ TS-2

ตารางที่ ก-1 แสดงผลการตรวจวัดค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นใน Strain Gauges และค่าการยืดตัวที่ได้จากการคำนวณ

DATE	Exciting Voltage (mV)	SC1		SC2		SC3		SC4		SC5		SC6	
		Voltage (mV)	Strain (%)	Voltage (mV)	Strain (%)	Voltage (mV)	Strain (%)	Voltage (mV)	Strain (%)	Voltage (mV)	Strain (%)	Voltage (mV)	Strain (%)
30/5/41 (Initial)	2.7	28.3	19.2	16.0	10.9	24.0	16.3	22.2	15.1	25.7	17.5	2.8	1.9
H = 0.5 m	2.7	29.6	20.1	17.8	12.1	25.9	17.6	26.2	17.8	31.8	21.6	4.0	2.7
9/6/41	2.62	25.6	17.9	13.8	9.7	21.8	15.3	23.5	16.5	29.4	20.6	3.8	2.7
15/6/41	2.45	17.4	13.0	8.6	6.4	14.3	10.7	15.3	11.5	21.1	15.8	1.4	1.0
16/6/41	2.42	17.6	13.3	8.7	6.6	14.5	11.0	15.4	11.7	21.4	16.2	1.6	1.2
17/6/41	2.4	19.3	14.8	10.8	8.3	16.3	12.5	17.2	13.1	22.6	17.3	4.7	3.6
25/6/41	1.87	13.4	13.1	7.1	7.0	11.4	11.2	11.9	11.7	16.5	16.2	1.5	1.5
2/7/41	3.1	22.4	13.3	12.2	7.2	18.6	11.0	19.5	11.5	27.5	16.3	2.4	1.4
9/7/41	3.03	37.0	22.4	28.3	17.1	33.4	20.2	34.8	21.1	42.1	25.5	17.2	10.4
16/7/41	3.03	36.5	22.1	26.6	16.1	32.7	19.8	33.8	20.5	41.5	25.1	17.0	10.3
23/7/41	2.74	33.0	22.1	24.3	16.3	30.0	20.1	30.7	20.6	37.6	25.2	15.2	10.2
30/7/41	2.78	34.0	22.4	25.5	16.8	31.2	20.6	32.0	21.1	38.6	25.5	15.6	10.3
6/8/41	3.05	37.6	22.6	28.0	16.8	34.0	20.5	35.1	21.1	43.0	25.9	18.0	10.8
13/8/41	3.03	36.4	22.0	27.5	16.7	33.0	20.0	34.2	20.7	41.9	25.4	17.0	10.3
20/8/41	3.02	35.1	21.3	27.7	16.8	34.4	20.9	33.4	20.3	40.8	24.8	15.8	9.6
27/8/41	2.67	32.4	22.3	23.5	16.1	29.1	20.0	31.3	21.5	37.6	25.8	14.7	10.1
3/9/41	2.66	32.4	22.3	23.6	16.3	29.1	20.1	30.0	20.7	37.7	26.0	14.6	10.1
24/9/41	2.66	31.6	21.8	22.9	15.8	28.2	19.5	29.3	20.2	36.0	24.8	14.0	9.7

ตารางที่ ก-2 แสดงผลการคำนวณค่าการยึดตัวของแผ่นใยสังเคราะห์ที่จุดต่าง ๆ

Date	Days	STAIN (%)					
		SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SE6
30/5/41	1	0.9	1.2	1.3	2.7	4.1	0.8
9/6/41	11	-1.3	-1.2	-1.0	1.4	3.1	0.8
15/6/41	17	-6.2	-4.4	-5.6	-3.6	-1.7	-0.9
16/6/41	18	-5.9	-4.3	-5.3	-3.4	-1.2	-0.7
17/6/41	19	-4.5	-2.6	-3.8	-1.9	-0.2	1.7
25/6/41	27	-6.1	-3.9	-5.1	-3.4	-1.3	-0.4
2/7/41	34	-6.0	-3.7	-5.3	-3.5	-1.2	-0.5
9/7/41	41	3.2	6.3	3.9	6.0	8.0	8.5
16/7/41	48	2.9	5.2	3.5	5.4	7.7	8.4
23/7/41	55	2.9	5.4	3.8	5.5	7.7	8.3
30/7/41	62	3.2	6.0	4.3	6.0	8.0	8.4
6/8/41	69	3.4	6.0	4.1	6.0	8.4	8.9
13/8/41	76	2.8	5.8	3.7	5.6	7.9	8.4
20/8/41	83	2.1	6.0	4.6	5.2	7.3	7.7
27/8/41	90	3.0	5.3	3.7	6.4	8.4	8.2
3/9/41	97	3.1	5.4	3.8	5.6	8.5	8.2
24/9/41	118	2.6	4.9	3.1	5.1	7.4	7.8

ตารางที่ ก-3 แสดงผลการตรวจวัดค่าการเคลื่อนตัวด้านข้างที่ระดับความลึกต่าง ๆ ของ I1 ที่แปลงทดสอบ TS-1

Depth from GS (m)	Depth from Top of Casing (m)	Cum.Lateral Movement (mm)																
		9/6/41	12/6/41	15/6/41	16/6/41	17/6/41	25/6/41	2/7/41	9/7/41	16/7/41	23/7/41	30/7/41	6/8/41	13/8/41	20/8/41	27/8/41	3/9/41	24/9/41
		11	14	17	18	19	27	34	41	48	55	62	69	76	83	90	97	118
		0	3	3	1	1	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
0.0	0.5	0.00	2.05	3.20	5.05	5.10	9.85	11.30	10.40	10.55	11.05	11.40	12.05	12.10	13.25	12.55	12.35	12.10
0.5	1.0	0.00	1.95	3.70	5.50	6.00	10.30	11.00	10.45	10.65	11.15	11.75	11.95	12.20	12.90	12.55	12.45	12.50
1.0	1.5	0.00	2.15	4.10	6.10	6.70	10.90	11.40	11.00	11.10	11.65	12.30	12.35	12.60	13.25	12.95	12.90	13.00
1.5	2.0	0.00	2.15	4.15	6.20	6.80	10.95	11.40	10.90	10.75	11.30	11.95	12.00	12.25	12.80	12.50	12.40	12.50
2.0	2.5	0.00	2.05	3.95	6.00	6.60	10.55	11.00	10.35	10.00	10.45	11.10	11.10	11.35	11.85	11.55	11.40	11.45
2.5	3.0	0.00	1.95	3.75	5.75	6.30	10.15	10.60	9.95	9.55	9.95	10.60	10.60	10.85	11.35	11.05	10.85	10.90
3.0	3.5	0.00	1.70	3.35	5.15	5.70	8.95	9.20	8.60	8.20	8.45	9.10	9.10	9.35	9.75	9.45	9.25	9.30
3.5	4.0	0.00	1.40	2.75	4.30	4.75	7.00	7.05	6.45	6.05	6.25	6.85	6.75	7.00	7.30	7.00	6.80	6.85
4.0	4.5	0.00	1.15	2.20	3.50	3.80	5.35	5.35	4.80	4.45	4.60	5.10	4.95	5.15	5.40	5.15	4.95	5.00
4.5	5.0	0.00	0.95	1.75	2.80	3.00	4.10	4.05	3.60	3.30	3.40	3.85	3.65	3.85	4.05	3.85	3.65	3.70
5.0	5.5	0.00	0.75	1.35	2.15	2.30	3.40	3.05	2.65	2.45	2.50	2.90	2.65	2.85	3.00	2.85	2.70	2.75
5.5	6.0	0.00	0.55	0.95	1.55	1.65	2.50	2.25	1.95	1.80	1.80	2.10	1.85	2.05	2.15	2.05	1.95	2.00
6.0	6.5	0.00	0.35	0.60	1.00	1.05	1.75	1.55	1.30	1.25	1.25	1.45	1.25	1.40	1.50	1.40	1.40	1.45
6.5	7.0	0.00	0.20	0.30	0.35	0.30	0.55	0.35	0.25	0.30	0.25	0.35	0.15	0.30	0.40	0.30	0.35	0.40
7.0	7.5	0.00	0.15	0.25	0.25	0.15	0.25	0.05	0.00	0.05	0.00	0.10	-0.10	0.05	0.15	0.05	0.10	0.15
7.5	8.0	0.00	0.05	0.15	0.20	0.10	0.15	0.00	0.00	-0.05	-0.10	0.00	-0.15	-0.05	0.05	-0.05	0.00	0.05
8.0	8.5	0.00	0.05	0.10	0.20	0.10	0.15	0.05	0.05	-0.05	-0.05	0.00	-0.10	0.00	0.05	-0.05	0.00	0.05
8.5	9.0	0.00	0.05	0.10	0.15	0.10	0.15	0.05	0.05	-0.05	-0.05	0.00	-0.10	0.00	0.05	-0.05	0.00	0.05
9.0	9.5	0.00	0.05	0.10	0.15	0.10	0.15	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	-0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	0.05
9.5	10.0	0.00	-0.05	0.00	0.05	0.00	0.00	-0.05	0.00	-0.05	-0.05	-0.05	-0.10	-0.05	0.00	-0.05	-0.05	0.00
10.0	10.5	0.00	-0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.05	0.00	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	0.00	-0.05	-0.05	0.00

ตารางที่ ก-4 แสดงผลการตรวจวัดค่าการเคลื่อนตัวด้านข้างที่ระดับความลึกต่าง ๆ ของ I2 ที่แปลงทดสอบ TS-2

Depth from GS (m)	Depth from Top of Casing (m)	Cum.Lateral Movement (mm)																
		9/6/41	12/6/41	15/6/41	16/6/41	17/6/41	25/6/41	2/7/41	9/7/41	16/7/41	23/7/41	30/7/41	6/8/41	13/8/41	20/8/41	27/8/41	3/9/41	24/9/41
		11	14	17	18	19	27	34	41	48	55	62	69	76	83	90	97	118
		0	3	3	1	1	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
0.0	0.5	0.00	1.90	4.45	7.85	8.90	16.40	17.70	16.50	16.55	16.00	16.50	17.35	18.00	18.55	17.45	17.35	16.75
0.5	1.0	0.00	1.70	4.15	7.25	8.65	16.30	17.50	16.70	16.65	16.70	17.10	17.80	17.90	18.00	17.55	17.10	17.15
1.0	1.5	0.00	1.55	4.00	7.15	8.65	16.55	17.90	17.30	17.30	17.50	17.80	18.45	18.50	18.55	18.10	17.65	17.80
1.5	2.0	0.00	1.40	3.95	7.40	9.00	17.40	18.85	18.35	18.35	18.55	18.90	19.50	19.60	19.70	19.25	18.80	18.95
2.0	2.5	0.00	1.50	4.20	7.90	9.60	18.60	20.25	19.65	19.60	19.85	20.20	20.80	20.90	21.00	20.55	20.15	20.25
2.5	3.0	0.00	1.55	4.35	8.20	9.95	19.50	21.25	20.60	20.60	20.80	21.15	21.75	21.85	22.00	21.60	21.25	21.35
3.0	3.5	0.00	1.45	4.15	8.15	9.95	20.00	21.85	21.20	21.20	21.40	21.80	22.35	22.50	22.65	22.25	21.95	22.10
3.5	4.0	0.00	1.40	4.05	8.15	10.00	20.50	22.55	21.90	21.85	22.00	22.40	22.90	23.00	23.15	22.75	22.40	22.50
4.0	4.5	0.00	1.30	3.80	7.85	9.75	20.85	23.05	22.35	22.25	22.35	22.75	23.15	23.25	23.40	23.00	22.70	22.85
4.5	5.0	0.00	0.90	2.70	5.55	6.95	15.40	16.85	16.20	16.05	16.15	16.45	16.80	16.75	16.70	16.30	15.95	16.10
5.0	5.5	0.00	0.50	1.05	1.15	1.30	1.45	1.35	0.85	0.85	0.90	1.10	1.40	1.35	1.25	0.90	0.70	0.95
5.5	6.0	0.00	0.40	0.80	0.85	1.00	0.90	0.85	0.40	0.40	0.40	0.55	0.80	0.70	0.55	0.25	0.10	0.20
6.0	6.5	0.00	0.25	0.60	0.60	0.70	0.55	0.55	0.20	0.25	0.20	0.35	0.60	0.50	0.35	0.15	0.05	0.30
6.5	7.0	0.00	0.10	0.35	0.35	0.45	0.30	0.30	0.05	0.05	0.00	0.10	0.35	0.25	0.10	0.00	-0.10	0.15
7.0	7.5	0.00	0.05	0.25	0.20	0.30	0.20	0.20	0.00	0.00	-0.10	0.00	0.25	0.15	0.00	-0.10	-0.15	0.10
7.5	8.0	0.00	0.05	0.10	0.05	0.20	0.15	0.10	-0.05	0.00	-0.05	0.05	0.30	0.15	0.05	-0.10	-0.15	0.05
8.0	8.5	0.00	0.00	0.00	-0.05	0.10	0.05	0.00	-0.10	-0.05	-0.10	-0.05	0.20	0.05	0.00	-0.10	-0.20	-0.05
8.5	9.0	0.00	-0.05	-0.05	-0.10	0.00	-0.05	-0.05	-0.10	-0.10	-0.10	-0.05	0.15	0.00	-0.05	-0.10	-0.25	-0.05
9.0	9.5	0.00	-0.10	-0.10	-0.15	-0.05	-0.10	-0.10	-0.15	-0.15	-0.20	-0.10	0.00	-0.10	-0.10	-0.15	-0.30	-0.15
9.5	10.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	-0.05	-0.05	-0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.05	-0.15	-0.05
10.0	10.5	0.00	0.05	0.00	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.05	0.00

ตารางที่ ก-5 แสดงผลการตรวจวัดค่าแรงดันน้ำใต้ดินและแรงดันน้ำใต้ดินส่วนเกินของ Piezometer

DATE	Time (days)	Pore Water Pressure (t/m^2)						Excess Pore Water Pressure (t/m^2)			
		P1 -3.00 m.	P2 -5.50 m.	P3 -3.00 m.	P4 -5.50 m.	P5 -3.00 m.	P6 -5.50 m.	P1 -3.00 m.	P2 -5.50 m.	P3 -3.00 m.	P4 -5.50 m.
4/6/41 (0.50 m.)	6	-	-	-	3.70	-	-	-	-	-	-
5/6/41	7	-	4.90	2.30	-	-	-	-	-	-	-
6/6/41	8	2.20	-	-	-	-	4.57	-	-	-	-
7/6/91	9	-	-	-	-	1.99	-	-	-	-	-
11/6/41 (1.00 m.)	13	2.00	4.70	2.10	4.30	1.95	4.40	0.05	0.30	0.15	-0.10
12/6/41	14	2.20	5.30	2.30	4.60	1.95	4.40	0.25	0.90	0.35	0.20
15/6/41 (2.00 m.)	17	2.40	5.70	2.70	5.30	1.95	4.40	0.45	1.30	0.75	0.90
16/6/41	18	2.40	5.70	2.70	5.30	1.93	4.36	0.47	1.34	0.77	0.94
17/6/41	19	2.20	5.50	2.40	5.20	1.93	4.35	0.27	1.15	0.47	0.85
25/6/41	27	1.80	5.10	2.40	5.00	1.82	4.16	-0.02	0.94	0.58	0.84
2/7/41	34	1.90	4.90	2.30	4.70	1.90	4.30	0.00	0.60	0.40	0.40
9/7/41	41	1.80	4.90	2.20	4.50	2.10	4.70	-0.30	0.20	0.10	-0.20
16/7/41	48	1.80	4.90	2.00	4.50	2.35	4.91	-0.55	-0.01	-0.35	-0.41
23/7/41	55	2.10	4.90	2.00	4.50	2.25	4.80	-0.15	0.10	-0.25	-0.30
30/7/41	62	2.10	4.90	2.00	4.50	2.11	4.58	-0.01	0.32	-0.11	-0.08
6/8/41	69	2.10	5.00	2.30	4.40	2.10	4.60	0.00	0.40	0.20	-0.20
13/8/41	76	2.10	4.90	2.30	4.40	2.06	4.51	0.04	0.39	0.24	-0.11
20/8/41	83	2.10	4.90	2.30	4.40	2.06	4.53	0.04	0.37	0.24	-0.13
27/8/41	90	2.10	4.90	2.30	4.40	2.20	4.72	-0.10	0.18	0.10	-0.32
3/9/41	97	2.10	4.90	2.20	4.40	2.32	4.85	-0.22	0.05	-0.12	-0.45
24/9/41	118	2.20	4.90	2.30	4.40	2.41	4.93	-0.21	-0.03	-0.11	-0.53

ภาคผนวก ข

รายการคำนวณ

- การวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดชันของแปลงทดสอบ TS-1 , TS-2 และ TS-3 กรณีที่ไม่มีการเสริมความแข็งแรงด้วยแผ่นใยสังเคราะห์ โดยใช้โปรแกรม SB-SLOPE
- การวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดชันของแปลงทดสอบ TS-2 กรณีที่มีการเสริมความแข็งแรงด้วยแผ่นใยสังเคราะห์ชั้นเดียว
- การวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดชันของแปลงทดสอบ TS-3 กรณีที่มีการเสริมความแข็งแรงด้วยแผ่นใยสังเคราะห์ 3 ชั้น
- การตรวจสอบการพิบัติในลักษณะแบบอื่นๆ ของแปลงทดสอบ TS-2
- การตรวจสอบการพิบัติในลักษณะแบบอื่นๆ ของแปลงทดสอบ TS-3
- การคำนวณหาค่า strain ที่เกิดขึ้นในแผ่นใยสังเคราะห์

SB-SLOPE

PROJECT DATA

Project: Full Scale Field Test of Embankment

Location: TS-1

Filename: BH1 Description: Unreinforced Embankment

ANALYSIS DATA

Line No.	Left X	Left Y	Right X	Right Y	Density kN/cu.m	Cohesion kPa	Phi Deg	Phreatic Line
1	0.0	0.0	30.0	0.0	19.6	50.0	0	N
2	0.0	1.0	30.0	1.0	16.8	19.7	0	Y
3	0.0	2.5	30.0	2.5	16.4	14.9	0	Y
4	0.0	4.0	30.0	4.0	16.0	16.4	0	Y
5	0.0	6.0	21.0	6.0	16.9	13.7	0	Y
6	21.0	6.0	25.0	4.0	16.9	13.7	0	Y
7	5.0	6.0	6.5	7.5	17.7	18.6	0	Y
8	6.5	7.5	18.5	7.5	17.7	18.6	0	Y
9	18.5	7.5	20.0	6.0	17.7	18.6	0	Y
10	6.5	7.5	7.5	8.5	17.7	18.6	0	N
11	7.5	8.5	17.5	8.5	17.7	18.6	0	N
12	17.5	8.5	18.5	7.5	17.7	18.6	0	N
13	22.0	5.5	30.0	5.5	Free water line			

Distributed loads

No.	Left X	Right X	Load (kN/m)
1	7.5	17.5	10.0

BH1 - Unreinforced Embankment

AUTOMATIC SEARCH ANALYSIS

Approximately 30 slices selected

First X= 18.0 X increment = 0.5

First Y= 10.0 Y increment = 0.5

Minimum radius= 10.0 radius increment = 0.5

Minimum FS found during automatic search = 1.16

Found at X= 19.5, Y= 12.5, R= 11.5

X= 19.5 Y= 12.5 R= 11.5

SLICE	X-LEFT	DX	TAN	TAN	COHESION	VERTICAL	PORE	WATER	RESISTING	DRIVING
			THETA	PHI		FORCE	FORCE	TERM	TERM	

The following slice has a normal force= -21

1	8.7	0.4	2.349	0.000	18.6	8	0	20	7
2	9.1	0.9	1.725	0.000	18.6	36	6	32	31
3	10.0	0.9	1.282	0.000	13.7	55	18	19	44
4	10.9	0.9	1.015	0.000	13.7	70	26	17	50
5	11.8	0.7	0.842	0.000	16.4	64	26	15	41
6	12.4	0.7	0.720	0.000	16.4	70	29	14	41
7	13.1	0.7	0.615	0.000	16.4	75	32	13	39
8	13.8	0.7	0.521	0.000	14.9	85	37	12	39
9	14.6	0.7	0.434	0.000	14.9	89	40	12	35
10	15.3	0.7	0.354	0.000	14.9	92	42	12	31
11	16.0	0.7	0.280	0.000	14.9	95	44	11	26
12	16.8	0.7	0.211	0.000	14.9	97	45	11	20
13	17.5	1.0	0.132	0.000	14.9	116	63	15	15
14	18.5	1.0	0.044	0.000	14.9	100	59	15	4
15	19.5	0.5	-0.022	0.000	14.9	43	26	7	-1
16	20.0	1.0	-0.087	0.000	14.9	81	49	15	-7
17	21.0	0.7	-0.162	0.000	14.9	51	31	10	-8
18	21.7	0.7	-0.223	0.000	14.9	46	28	10	-10
19	22.3	0.7	-0.287	0.000	14.9	43	26	10	-12
20	23.0	0.7	-0.354	0.000	14.9	39	25	11	-14
21	23.7	0.7	-0.425	0.000	14.9	34	23	11	-16
22	24.3	0.7	-0.503	0.000	14.9	30	21	11	-16
23	25.0	0.2	-0.556	0.000	14.9	7	5	3	-3
24	25.2	0.7	-0.615	0.000	16.4	24	19	13	-13
25	25.9	0.7	-0.720	0.000	16.4	19	16	14	-11
26	26.6	0.7	-0.842	0.000	16.4	13	12	15	-9

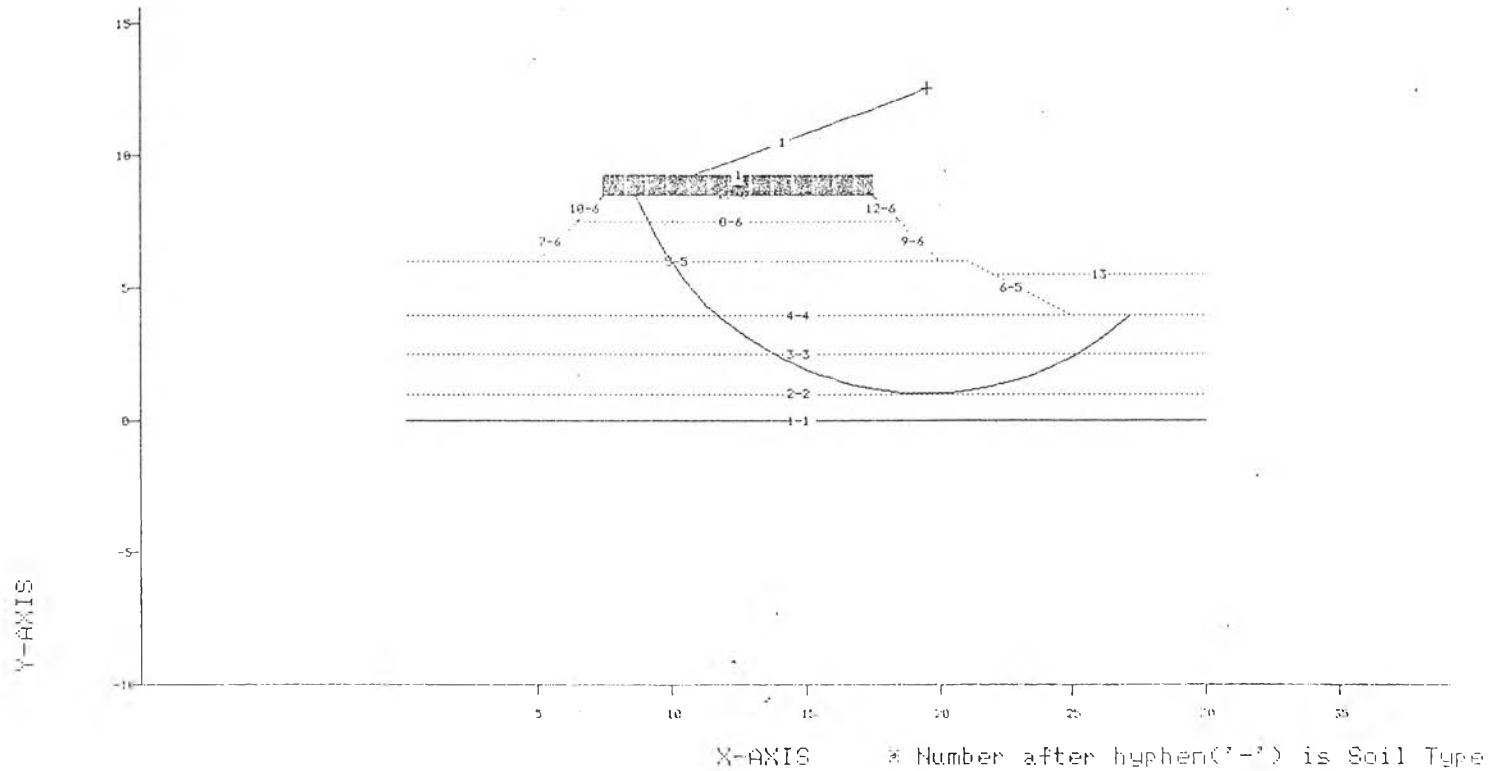
SB-SLOPE

Simplified Bishop Slope Stability Analysis

PROJECT: Full Scale Field Test of Embankment
 LOCATION: TS-1
 FILE: BH1
 COMPLETE SLOPE CROSS SECTION

	SOIL*	DENSITY	COHESION	PHI
	1	19.6	50.0	0.0
	2	16.8	19.7	0.0
	3	16.4	14.9	0.0
CIRCLE	4	16.0	16.4	0.0
1	5	16.9	13.7	0.0
	6	17.7	18.6	0.0

CIRCLE	X	Y	RADIUS	FS
1	19.5	12.5	11.5	1.16



SB-SLOPE

PROJECT DATA

Project: Full Scale Field Test of Embankment

Location: TS-2

Filename: BH2 Description: Unreinforced Embankment

ANALYSIS DATA

Line No.	Left X	Left Y	Right X	Right Y	Density kN/cu.m	Cohesion kPa	Phi Deg	Phreatic Line
1	0.0	0.0	30.0	0.0	19.6	50.0	0	N
2	0.0	1.5	30.0	1.5	19.6	30.9	0	N
3	0.0	3.0	30.0	3.0	16.4	9.3	0	Y
4	0.0	4.5	30.0	4.5	15.9	7.1	0	Y
5	0.0	6.5	21.0	6.5	16.3	22.6	0	Y
6	21.0	6.5	25.0	4.5	16.3	22.6	0	Y
7	5.0	6.5	6.5	8.0	17.7	18.6	0	Y
8	6.5	8.0	18.5	8.0	17.7	18.6	0	Y
9	18.5	8.0	20.0	6.5	17.7	18.6	0	Y
10	6.5	8.0	7.5	9.0	17.7	18.6	0	N
11	7.5	9.0	17.5	9.0	17.7	18.6	0	N
12	17.5	9.0	18.5	8.0	17.7	18.6	0	N
13	22.0	6.0	30.0	6.0	Free water line			

Distributed loads

No.	Left X	Right X	Load (kN/m)
1	7.5	17.5	10.0

BH2 - Unreinforced Embankment

AUTOMATIC SEARCH ANALYSIS

Approximately 30 slices selected

First X= 18.0 X increment = 0.5

First Y= 10.0 Y increment = 0.5

Minimum radius= 10.0 radius increment = 0.5

Minimum FS found during automatic search = 0.87

Found at X= 19.5, Y= 13.0, R= 11.5

X= 19.5 Y= 13.0 R= 11.5

SLICE	X-LEFT	DX	TAN THETA	TAN PHI	COHESION	VERTICAL FORCE	PORE WATER FORCE	RESISTING TERM	DRIVING TERM
The following slice has a normal force=						-34			
1	8.7	0.4	2.349	0.000	18.6	8	0	20	7
2	9.1	0.9	1.725	0.000	18.6	36	6	32	31
3	10.0	0.9	1.282	0.000	22.6	55	18	32	43
4	10.9	0.9	1.015	0.000	22.6	69	26	28	49
5	11.8	0.7	0.842	0.000	7.1	63	26	6	41
6	12.4	0.7	0.720	0.000	7.1	69	29	6	40
7	13.1	0.7	0.615	0.000	7.1	74	32	6	39
8	13.8	0.7	0.521	0.000	9.3	84	37	8	39
9	14.6	0.7	0.434	0.000	9.3	88	40	7	35
10	15.3	0.7	0.354	0.000	9.3	91	42	7	31
11	16.0	0.7	0.280	0.000	9.3	94	44	7	25
12	16.8	0.7	0.211	0.000	9.3	96	45	7	20
13	17.5	1.0	0.132	0.000	9.3	114	63	9	15
14	18.5	1.0	0.044	0.000	9.3	98	59	9	4
15	19.5	0.5	-0.022	0.000	9.3	43	26	5	-1
16	20.0	1.0	-0.087	0.000	9.3	80	49	9	-7
17	21.0	0.7	-0.162	0.000	9.3	51	31	6	-8
18	21.7	0.7	-0.223	0.000	9.3	45	28	6	-10
19	22.3	0.7	-0.287	0.000	9.3	42	26	6	-12
20	23.0	0.7	-0.354	0.000	9.3	38	25	7	-14
21	23.7	0.7	-0.425	0.000	9.3	34	23	7	-16
22	24.3	0.7	-0.503	0.000	9.3	29	21	7	-16
23	25.0	0.2	-0.556	0.000	9.3	7	5	2	-3
24	25.2	0.7	-0.615	0.000	7.1	24	19	6	-13
25	25.9	0.7	-0.720	0.000	7.1	19	16	6	-11
26	26.6	0.7	-0.842	0.000	7.1	13	12	6	-9

SB-SLOPE

Simplified Bishop Slope Stability Analysis

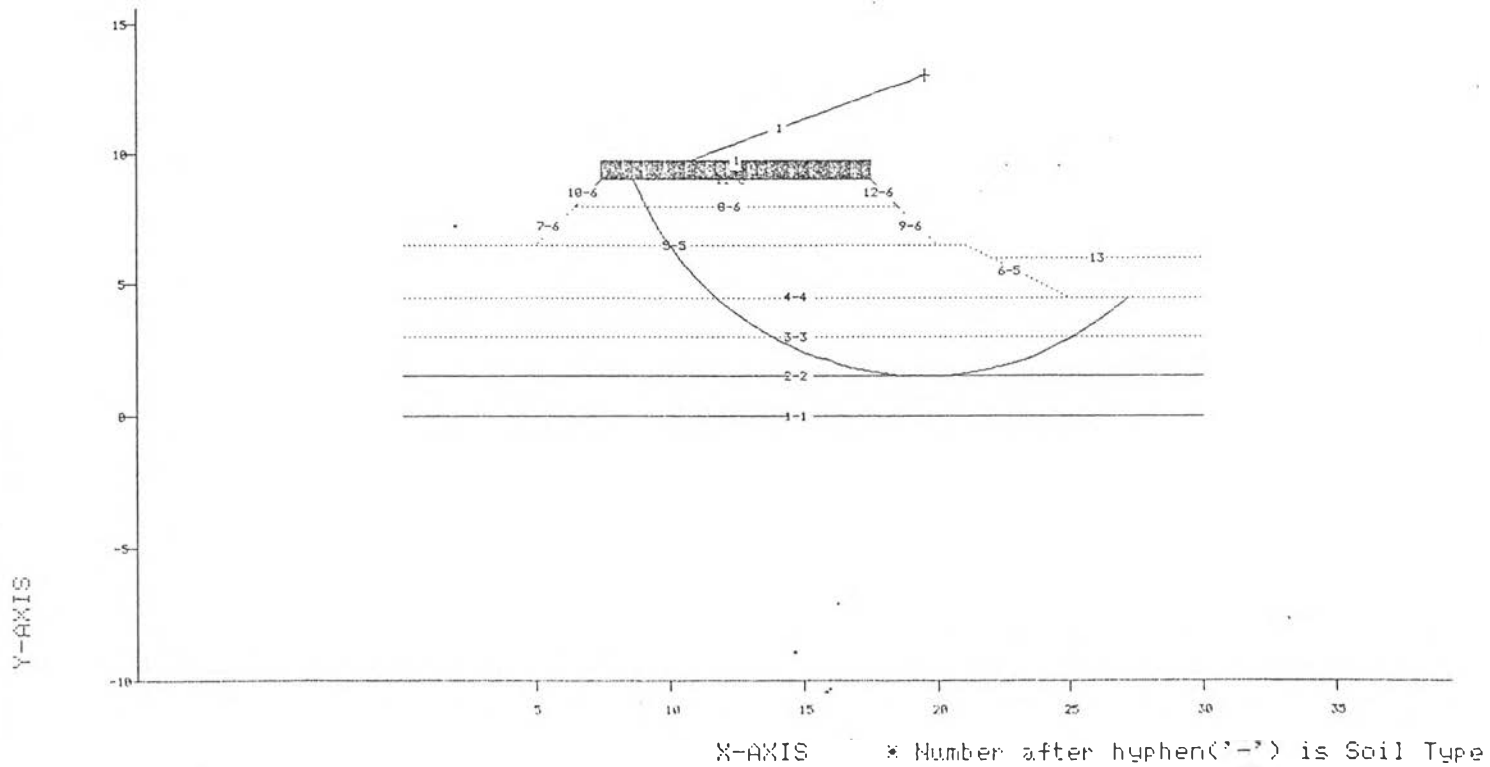
PROJECT: Full Scale Field Test of Embankment

LOCATION: TS-2

FILE: BH2

PARTIAL SLOPE CROSS SECTION

CIRCLE	X	Y	RADIUS	FS	SOIL*	DENSITY	COHESION	PHI
1	19.5	13.0	11.5	0.87	1	19.6	50.0	0.0
					2	19.6	30.9	0.0
					3	16.4	9.3	0.0
					4	15.9	7.1	0.0
					5	16.3	22.6	0.0
					6	17.7	18.6	0.0



SB-SLOPE

PROJECT DATA

Project: Full Scale Field Test of Embankment

Location: TS-3

Filename: BH3 Description: Unreinforced Embankment

ANALYSIS DATA

Line No.	Left X	Left Y	Right X	Right Y	Density kN/cu.m	Cohesion kPa	Phi Deg	Phreatic Line
1	0.0	0.0	30.0	0.0	20.0	50.0	0	N
2	0.0	1.0	30.0	1.0	18.4	25.5	0	Y
3	0.0	2.5	30.0	2.5	14.2	6.1	0	Y
4	0.0	4.0	30.0	4.0	13.0	4.7	0	Y
5	0.0	5.5	21.0	5.5	14.7	6.0	0	Y
6	21.0	5.5	24.0	4.0	14.7	6.0	0	Y
7	5.0	5.5	6.5	7.0	17.7	19.6	0	Y
8	6.5	7.0	18.5	7.0	17.7	19.6	0	Y
9	18.5	7.0	20.0	5.5	17.7	19.6	0	Y
10	6.5	7.0	7.5	8.0	17.7	19.6	0	N
11	7.5	8.0	17.5	8.0	17.7	19.6	0	N
12	17.5	8.0	18.5	7.0	17.7	19.6	0	N
13	22.0	5.0	30.0	5.0	Free water line			

Distributed loads

No.	Left X	Right X	Load (kN/m)
1	7.5	17.5	10.0

BH3 - Unreinforced Embankment
 AUTOMATIC SEARCH ANALYSIS
 Approximately 30 slices selected
 First X= 18.0 X increment = 0.5
 First Y= 10.0 Y increment = 0.5
 Minimum radius= 9.0 radius increment = 0.5

Minimum FS found during automatic search = 0.61
 Found at X= 19.0, Y= 11.0, R= 10.0

X= 19.0 Y= 11.0 R= 10.0

SLICE	X-LEFT	DX	TAN THETA	TAN PHI	COHESION	VERTICAL FORCE	PORE WATER FORCE	RESISTING TERM	DRIVING TERM
The following slice has a normal force=						-71			
1	9.5	0.4	2.671	0.000	19.6	7	0	21	7
The following slice has a normal force=						-31			
2	9.8	0.8	1.844	0.000	19.6	33	6	33	29
3	10.6	0.6	1.362	0.000	6.0	36	11	6	29
4	11.3	0.6	1.117	0.000	6.0	43	16	5	32
5	11.9	0.6	0.936	0.000	4.7	50	20	4	34
6	12.5	0.6	0.792	0.000	4.7	54	23	4	34
7	13.1	0.6	0.673	0.000	4.7	58	26	4	32
8	13.7	0.6	0.571	0.000	6.1	62	29	4	31
9	14.4	0.6	0.480	0.000	6.1	65	31	4	28
10	15.0	0.6	0.398	0.000	6.1	67	33	4	25
11	15.6	0.6	0.323	0.000	6.1	69	34	4	21
12	16.2	0.6	0.252	0.000	6.1	71	35	4	17
13	16.9	0.6	0.185	0.000	6.1	72	36	4	13
14	17.5	1.0	0.101	0.000	6.1	97	58	6	10
15	18.5	0.5	0.025	0.000	6.1	42	28	3	1
16	19.0	1.0	-0.050	0.000	6.1	71	49	6	-4
17	20.0	1.0	-0.152	0.000	6.1	61	43	6	-9
18	21.0	0.6	-0.236	0.000	6.1	34	24	4	-8
19	21.6	0.6	-0.303	0.000	6.1	30	21	4	-9
20	22.2	0.6	-0.374	0.000	6.1	27	20	4	-10
21	22.8	0.6	-0.450	0.000	6.1	24	18	4	-11
22	23.4	0.6	-0.533	0.000	6.1	21	17	4	-11
23	24.0	0.3	-0.598	0.000	6.1	8	7	2	-4
24	24.3	0.6	-0.673	0.000	4.7	17	14	4	-9
25	24.9	0.6	-0.792	0.000	4.7	13	11	4	-8
26	25.5	0.6	-0.936	0.000	4.7	8	8	4	-6

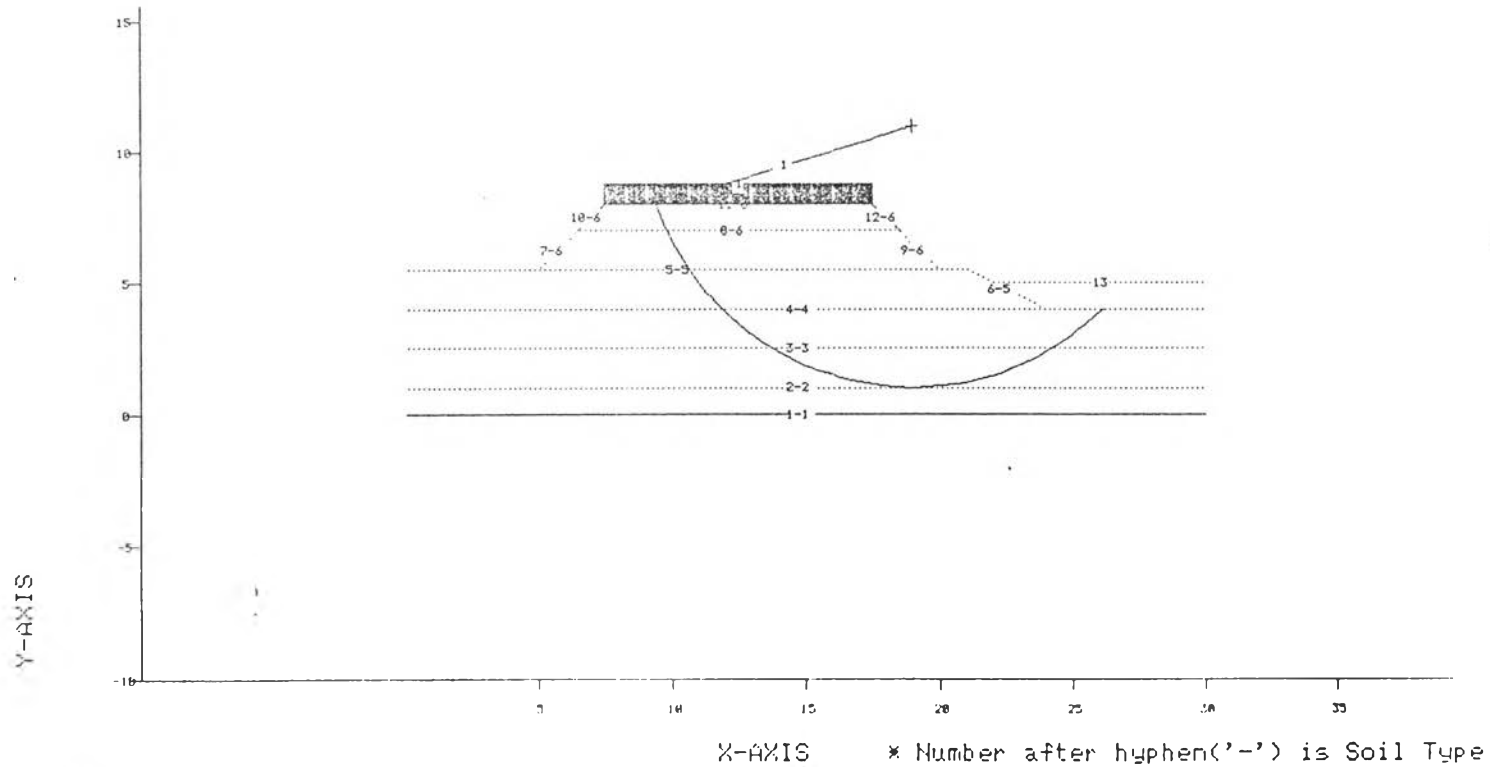
SB-SLOPE

Simplified Bishop Slope Stability Analysis

PROJECT: Full Scale Field Test of Embankment
 LOCATION: TS-3
 FILE: BH3
 PARTIAL SLOPE CROSS SECTION

	SOIL*	DENSITY	COHESION	PHI
	1	20.0	50.0	0.0
	2	18.4	25.5	0.0
	3	14.2	6.1	0.0
	4	13.0	4.7	0.0
	5	14.7	6.0	0.0
	6	17.7	19.6	0.0

CIRCLE	X	Y	RADIUS	FS
1	19.0	11.0	10.0	0.61



การวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดชันของแปลงทดสอบ TS-2 กรณีที่มีการเสริมความแข็งแรงด้วยแผ่นใยสังเคราะห์ชั้นเดียว

จากวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดชันของแปลงทดสอบ TS-2 ในกรณีที่ไม่มีการเสริมความแข็งแรงด้วยแผ่นใยสังเคราะห์ (Unreinforcement) จะได้ค่า F.S. เท่ากับ 0.87 และเมื่อมีการเสริมความแข็งแรงด้วยแผ่นใยสังเคราะห์ (Reinforcement) ชนิดทนแรงดึงสูงแบบถักทอ (High Strength Woven Geotextile) สามารถหาค่า F.S. ได้จากการคำนวณโดยใช้สมการที่ (2.8) ในหัวข้อ 2.3.2 โดยใช้ค่าแรงดึงที่เกิดขึ้นในแผ่นใยสังเคราะห์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า strain เฉลี่ยที่วัดได้ของ Strain Gauge SE6 โดยใช้เฉพาะค่าที่เป็นบวกเท่านั้น กับค่า strain ในกราฟ stress-strain ที่ได้จากการทดลองหาค่าแรงดึงสูงสุดของแผ่นใยสังเคราะห์ (รูปที่ 4.6) ซึ่งจะได้ค่าแรงดึงที่เกิดขึ้นในแผ่นใยสังเคราะห์เท่ากับ 485 kN/m รายละเอียดของการคำนวณมีดังนี้

$$\begin{aligned}
 F.S._{\text{reinforced}} &= \frac{M_R + \Delta M_R}{M_D} \\
 &= \frac{\sum [c_i L_i] R + \sum T_i Y_i}{\sum [W_i \sin \theta_i] R} \\
 &= \frac{257 \times 11.5 + 485 \times (13 - 7)}{299 \times 11.5} \\
 &= \underline{\underline{1.71}}
 \end{aligned}$$

การวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดชันของแปลงทดสอบ TS-3 กรณีที่มีการเสริมความแข็งแรงด้วยแผ่นใยสังเคราะห์ 3 ชั้น

ในกรณีของแปลงทดสอบ TS-3 จากวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดชันในกรณีที่ไม่มีการเสริมความแข็งแรงด้วยแผ่นใยสังเคราะห์ (Unreinforcement) จะได้ค่า F.S. เท่ากับ 0.61 แต่เนื่องจากที่แปลงทดสอบนี้ได้มีการเสริมแผ่นใยสังเคราะห์ 3 ชั้น เพียงครั้งเดียวของหน้าตัดถนนและจาก slip circle ที่ได้จากการวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดชันกรณีที่ไม่มีการเสริมความแข็งแรง จะเห็นว่าที่ระดับที่มีแผ่นใยสังเคราะห์เสริมอยู่แนวของ slip circle ได้เลยเส้นกึ่งกลางหน้าตัดถนน นั่นคือไม่ได้ผ่านแผ่นใยสังเคราะห์ซึ่งแสดงว่าแผ่นใยสังเคราะห์ไม่ได้มีส่วนช่วยในการป้องกันไม่ให้เกิดการพิบัติ ดังนั้นค่า F.S. ของเสถียรภาพความลาดชันกรณีที่มีแผ่นใยสังเคราะห์เสริมความแข็งแรงจึงมีค่าเท่าเดิมคือ 0.61

และถ้าสมมติให้ที่แปลงทดสอบนี้มีการเสริมแผ่นใยสังเคราะห์ตลอดหน้าตัดของถนน โดยใช้แผ่นใยสังเคราะห์ชนิดเดิมจำนวนชั้นเท่าเดิมและทำการวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดชันของแปลงทดสอบจะได้ค่า F.S. ที่สูงขึ้นแต่ก็ยังมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่ปลอดภัย ดังนั้นจึงควรจะมีการเสริมแผ่นใยสังเคราะห์ที่สามารถรับแรงดึงได้มากกว่านี้ แผ่นใยสังเคราะห์ที่ใช้ในแปลงทดสอบนี้มี 2 ชนิดคือ ชั้นล่างสุดจะเป็นแผ่นใยสังเคราะห์ชนิดไม่ถักทอ (Nonwoven Geotextile) สามารถรับแรงดึงสูงสุด 27 kN/m และอีก 2 ชั้นถัดขึ้นไปจะเป็นแผ่นใยสังเคราะห์ชนิดผสมระหว่างถักทอและไม่ถักทอ (Composite Geotextiles) สามารถรับแรงดึงสูงสุด 75 kN/m และใช้ค่า F.S. ของแผ่นใยสังเคราะห์เท่ากับ 2.0 เช่นเดียวกันหาค่า Allowable Tensile Strength ของแผ่นใยสังเคราะห์แต่ละชนิดได้เท่ากับ 13.5 kN/m และ 37.5 kN/m ตามลำดับ รายละเอียดของการคำนวณมีดังนี้

$$\begin{aligned}
 F.S._{\text{reinforced}} &= \frac{\sum [cL_i]R + \sum T_i Y_i}{\sum [W_i \sin \theta_i]R} \\
 &= \frac{156 \times 10 + 13.5 \times (11 - 4.8) + 37.5 \times (11 - 5.1) + 37.5 \times (11 - 5.4)}{254 \times 10} \\
 &= \underline{\underline{0.82}}
 \end{aligned}$$

ในกรณีที่ใช้ค่า Ultimate Tensile Strength ของแผ่นใยสังเคราะห์จะได้ค่า F.S. ดังแสดง

$$\begin{aligned}
 F.S._{\text{reinforced}} &= \frac{\sum [cL_i]R + \sum T_i Y_i}{\sum [W_i \sin \theta_i]R} \\
 &= \frac{156 \times 10 + 27 \times (11 - 4.8) + 75 \times (11 - 5.1) + 75 \times (11 - 5.4)}{254 \times 10} \\
 &= \underline{\underline{1.02}}
 \end{aligned}$$

การตรวจสอบการพิบัติในลักษณะแบบอื่นๆ ของแปลงทดสอบ TS-2

1. Check Sliding Resistance

$$\begin{aligned}
 P_a &= 0.5\gamma H^2 K_a + w_s H K_a \\
 &= 0.5 \times 1.8 \times 2.0^2 \times 1 + 1.0 \times 2.0 \times 1 \\
 &= \underline{5.6} \quad \text{t/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_r &= 0.5\gamma H L \tan\phi_{eg} \\
 &= 0.5 \times 1.8 \times 2.0 \times 14 \times 0.7 \\
 &= \underline{17.6} \quad \text{t/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{F.S.} &= \frac{P_r}{P_a} \\
 &= \frac{17.6}{5.6} \\
 &= \underline{3.1} \quad \text{OK.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{The required tensile strength of geotextile, } T_r &= 2.0 \times 5.6 \\
 &= \underline{11.2} \quad \text{t/m}
 \end{aligned}$$

2. Check Pullout Resistance

$$\begin{aligned}
 T_{ult} &= 2\sigma_v L_e \tan\phi_{eg} \\
 50 &= 2 \times 3.6 \times L_e \times 0.7 \\
 L_e &= \underline{10} \quad \text{m.}
 \end{aligned}$$

การตรวจสอบการพิบัติในลักษณะแบบอื่นๆ ของแปลงทดสอบ TS-3

1. Check Sliding Resistance

$$\begin{aligned}
 P_a &= 0.5\gamma H^2 K_a + w_s H K_a \\
 &= 0.5 \times 1.8 \times 3.2^2 \times 1 + 1.0 \times 3.2 \times 1 \\
 &= \underline{12.4} \quad \text{t/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_r &= \gamma H L \tan \phi_{cg} \\
 &= \gamma H L f_b \tan \phi_m \\
 &= 1.8 \times 3.2 \times 11.4 \times 0.7 \\
 &= \underline{46.0} \quad \text{t/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{F.S.} &= \frac{P_r}{P_a} \\
 &= \frac{46.0}{12.4} \\
 &= \underline{3.7} \quad \text{O.K.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{The required tensile strength of geotextile, } T_r &= 2.0 \times 12.4 \\
 &= \underline{24.8} \quad \text{t/m}
 \end{aligned}$$

2. Check Pullout Resistance

$$\begin{aligned}
 T_{ult} &= 2\sigma_v L_c \tan \phi_{cg} \\
 50 &= 2 \times 5.8 \times L_c \times 0.7 \\
 L_c &= \underline{6.2} \quad \text{m.}
 \end{aligned}$$

การคำนวณหาค่า strain ที่เกิดขึ้นในแผ่นใยสังเคราะห์

จากรูปที่ ค-1 ในภาคผนวก ค

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{\Delta L}{L} \\ &= \frac{\Delta R/R}{K} \\ \frac{\Delta R}{R} &= \frac{4\Delta e}{E} \\ \varepsilon &= \frac{4\Delta e}{EK}\end{aligned}$$

โดยที่	ε	=	ค่า strain ที่เกิดขึ้นในวัตถุ
	L	=	ความยาวเริ่มต้นของวัตถุ
	ΔL	=	ความยาวที่เปลี่ยนแปลงไปของวัตถุ
	R	=	ความต้านทานเริ่มต้นของ Strain Gauge
	ΔR	=	ความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงไปของ Strain Gauge เมื่อมีค่า strain เกิดขึ้น
	K	=	Strain Gauge Factor = 2.18
	Δe	=	Voltage Output
	E	=	Exciting Voltage

ดังนั้นสามารถคำนวณหาค่า strain ที่เกิดขึ้นในแผ่นใยสังเคราะห์ได้ดังนี้ โดยจะได้แสดงการคำนวณหาค่า strain ที่เกิดขึ้นบนแผ่นใยสังเคราะห์เนื่องจาก Strain Gauge ที่ติดตรงกึ่งกลางแผ่นใยสังเคราะห์ตัวที่ 1 (SC1)

at Initial $E_0 = 2.7 \text{ mV}$, $\Delta e_0 = 28.3 \text{ mV}$

$$\begin{aligned}\varepsilon_0 &= \frac{4 \times 28.3}{2.7 \times 2.18} \\ &= \underline{\underline{19.2\%}}\end{aligned}$$

at Embankment Height 0.5 m.

$E = 2.7 \text{ mV}$, $\Delta e = 29.6 \text{ mV}$

$$\begin{aligned}\varepsilon_{0.5} &= \frac{4 \times 29.6}{2.7 \times 2.18} \\ &= \underline{\underline{20.1\%}}\end{aligned}$$

ดังนั้น ค่า strain ที่เกิดขึ้นในแผ่นใยสังเคราะห์หลังจากที่มีการถมดินไปแล้ว 0.5 เมตรเท่ากับ

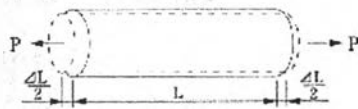
$$\begin{aligned}\Delta\varepsilon &= \varepsilon_{0.5} - \varepsilon_0 \\ &= 20.1 - 19.2 \\ &= \underline{\underline{0.9\%}}\end{aligned}$$

ภาคผนวก ก

- หลักการทั่วไปของ Strain Gauges และรายละเอียดของขั้นตอนวิธีการติด Strain Gauges บนวัสดุ
- Specification Sheet ของแผ่นใยสังเคราะห์แต่ละชนิด

STRAIN

External force applied to an elastic material generates stress as shown below, which subsequently generates strain in the deformation of the material. At this time, the length L extends to $L + \Delta L$. (When compressed, it is conversely reduced, i.e., $L - \Delta L$) The amount indicated by the following equation is called normal or longitudinal strain.



$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

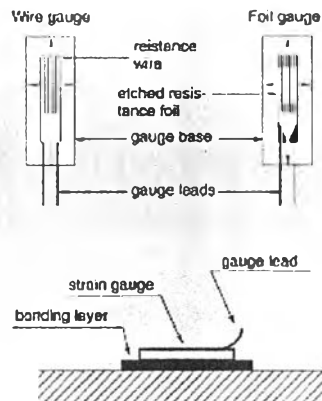
where:
 ϵ : strain
 L: original length
 ΔL : increment due to force P

example) when a material of 100mm length deforms by 0.1mm long, it generates strain as follows.

$$\epsilon = \Delta L / L = 0.1 / 100 = 0.001 = 1000 \times 10^{-6} \text{ strain}$$

STRAIN GAUGE

A strain gauge is constructed by bonding a fine electric resistance wire or photographically etched metallic resistance foil to an electrical insulation base using an appropriate bonding material, and attaching gauge leads.



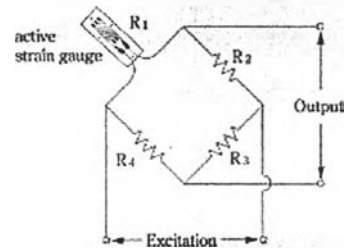
STRAIN AND RESISTANCE CHANGE

The strain generated in the specimen is relayed through the base to the fine wire or foil, where expansion or contraction occurs. As a result, the fine wire or foil experiences a variation in resistance. This variation is exactly proportional to the strain.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta R / R}{K}$$

ϵ : strain measured
 R : gauge resistance
 ΔR : resistance change due to strain
 K : Gauge factor as shown on package

Normally, this resistance change is very small and requires a Wheatstone bridge circuit to convert it to voltage output.



Relation between strain and voltage output.

$$\Delta e = \frac{R_2 R_3 - R_1 R_4}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} E$$

Δe : Voltage output
 E : Exciting voltage
 R : Gauge resistance
 $R_2 - R_4$: Fixed resistance

Assuming the value R such that $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$, the active gauge resistance varies to $R + \Delta R$ due to strain. Thus, the voltage output due to the strain is given as follows.

$$\Delta e = \frac{\Delta R}{4R + 2\Delta R} E$$

Considering $\Delta R \ll R$.

$$\Delta e = \frac{\Delta R}{4R} E = \frac{E}{4} K \epsilon$$

The strain gauge is connected to a strainmeter, which provides the Wheatstone bridge circuit and exciting input voltage. The strain (ϵ) is measured on a digital or analog display.

รูปที่ ก-1 หลักการทั่วไปของ Strain Gauges

When bonding the strain gauge, the most suitable adhesive should be selected for each application. A typical installation procedure is described below using the fast-curing type adhesive CN.

1. Preparation

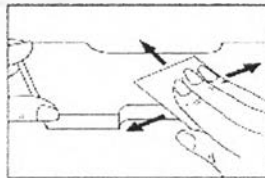
The following items are required for bonding and lead wire connection. Strain gauge, bonding adhesive, connecting terminals, test specimen, solvent, cleaning tissue for industrial use, soldering iron, solder, abrasive paper (120 - 320 grit), marking pencil, scale, tweezers, extension lead wire, polyethylene sheet, nipper.

2. Positioning

Roughly determine the location on the test specimen where the strain gauge is to be bonded.

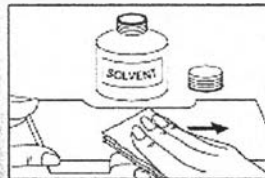
3. Surface preparation

Before bonding, remove all grease, rust, paint, etc., from the bonding area. Sand an area somewhat larger than the bonding area uniformly and finely with abrasive paper. Finish the surface with #120 to 180 abrasive paper for steel, or #240 to 320 for aluminum.



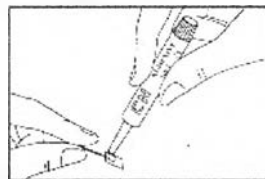
4. Fine cleaning

Clean the bonding area with industrial tissue paper or cloth soaked in a small quantity of chemical solvent such as acetone. Continue cleaning until a new tissue or cloth comes away completely free of contamination. Following the surface preparation, be sure to attach the gauge before the surface becomes covered with an oxidizing membrane or becomes newly contaminated.



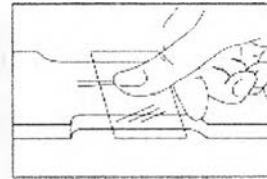
5. Applying bonding adhesive

Drop the proper amount of adhesive onto the back of the gauge base. Usually one drop of adhesive will suffice, but you may increase the number of drops according to the size of the gauge. Use the adhesive nozzle to spread the adhesive over the back surface thinly and uniformly.



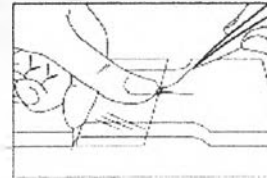
6. Curing and pressing

Place the gauge on the guide mark, place a polyethylene sheet onto it and press down on the gauge constantly using your thumb or a gauge pressing device. This should be done quickly as the curing process is completed very fast. The curing time varies depending on the gauge, test specimen, temperature, humidity and pressing force. The curing time under normal conditions is 20 - 60 seconds.



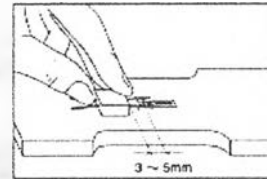
7. Raising the gauge leads

After curing completely, remove the polyethylene sheet, and raise the gauge leads with a pair of tweezers.



8. Bonding connecting terminals

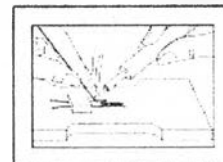
Position the proper size connecting terminals adjacent to the bonded gauge. A distance of 3 - 5 mm generally allows for easier wiring later.



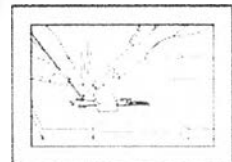
9. Soldering and wiring

Solder the junction area for both the gauge leads and the connecting terminals with a round-shaped leads, taking care to prevent excessive tension during measurement. To connect the extension lead wire, solder the lead wire to the connecting terminals. Cubic and foil strip type connecting terminals are ready for application. The detail is described in a later section.

Soldering gauge leads



Soldering extension lead wire



product **Mirafi Nonwoven
Geotextiles**

Product Description

Mirafi Nonwoven Geotextiles is a needlepunched nonwoven geotextile composed of polypropylene filaments which are formed into a stable network such that the filaments retain their relative position. The fabric is inert to biological degradation and naturally encountered chemicals, alkalines, and acids. Mirafi Nonwoven Geotextiles conforms to the property values listed in the following table.

Property	Units	135N	140NL	140NS	140NC	140N	150N	160N	170N	180N	1100N	1120N	1160N
MECHANICAL PROPERTIES													
Wide width tensile strength													
BS 6906 : Part 1 : 1987, ASTM D4595 : 1986													
Mean peak strength	kN/M	7.0	8.0	8.0	9.0	10.0	11.5	13.5	16.0	18.5	23.0	27.0	34.0
Extension at peak strength	%	45%	45%	55%	45%	50%	50%	50%	50%	60%	60%	60%	70%
CBR puncture													
BS 6906 : Part 4 : 1989, DIN 54307													
Mean peak strength	N	1,000	1,300	1,200	1,550	1,700	1,900	2,250	2,650	3,000	3,750	4,300	5,800
Extension at peak strength	%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	45%	45%	50%
Grab tensile													
ASTM D4632 : 1991													
Mean peak strength	N	380	450	650	550	650	700	800	900	1,000	1,200	1,500	1,900
Extension at peak strength	%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	60%	60%	60%
Trapezoidal tear resistance													
ASTM D4533 : 1991													
Mean peak strength	N	150	200	300	250	275	300	350	400	450	500	575	725
Drop cone													
BS 6906 : Part 6 : 1990													
D_{500}	mm	30	27	33	25	23	22	18	17	15	10	8	5
HYDRAULIC PROPERTIES													
Pore size													
BS 6906 : Part 2 : 1989													
AOS - O_{90}	mm	0.150	0.100	0.100	0.100	0.090	0.085	0.085	0.065	<0.059	<0.059	<0.059	<0.059
CEN TC189 : 1995													
AOS - O_{90}	mm	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110
Water permeability													
BS 6906 : Part 3 : 1989													
Q_{100}	$L/m^2 \cdot sec$	250	230	50	230	230	220	220	210	200	190	180	160
PHYSICAL PROPERTIES													
Mass per unit area													
EN 965 : 1995, ASTM D5261 : 1992													
	g/m^2	110	130	135	140	160	170	200	240	280	340	410	540
Thickness													
EN 964 : 1995, ASTM D5199 : 1991													
	mm	1.0	1.2	0.4	1.4	1.5	1.6	2.0	2.4	2.7	3.4	4.0	5.4
Roll width	m	4.0	4.0	3.8	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Roll length	m	200	200	110	200	200	200	200	100	100	100	100	50
Roll weight	kg	90	110	60	120	135	140	165	100	115	140	170	115

product

Mirafi Woven Polypropylene Geotextiles

For separation and reinforcement applications

Property	Units	PP20	PP25	PP40	PP50	PP70	PP80	PP120	PP120/40	PP200/40	PP300/40
MECHANICAL PROPERTIES											
Wide width tensile strength											
ISO 10319 : 1993, BS 6906 : Part 1 : 1987											
Mean peak strength - warp	kN/M	20	25	40	55	70	80	120	120	200	300
Mean peak strength - weft	kN/M	25	25	35	55	65	80	120	55	40	40
Extension at peak strength - warp	%	20	20	15	11	14	15	16	13	15	15
Extension at peak strength - weft	%	15	17	15	11	8	12	11	10	15	10
CBR puncture											
BS 6906 : Part 4 : 1989, DIN 54307											
Mean peak strength	kN	2.5	4	5	9	11	11	18	10	11	13
Drop cone											
BS 6906 : Part 6 : 1990											
D_{500}	mm	9	9	8	8	7	6	5	4	6	6
HYDRAULIC PROPERTIES											
Pore size											
BS 6906 : Part 2 : 1989											
AOS - O_{90}	mm	0.25	0.16	0.15	0.25	0.30	0.18	0.17	0.32	0.3	0.15
Water permeability											
BS 6906 : Part 3 : 1989											
Q_{100}	L/m ² .sec	35	20	20	25	25	20	20	20	20	15
PHYSICAL PROPERTIES											
Mass per unit area											
EN 965 : 1995											
	g/m ²	135	130	190	310	300	430	630	390	625	750
Thickness											
EN 964 : 1995											
	mm	0.8	0.7	0.7	1.0	1.0	1.4	1.7	1.2	1.8	2.5
Roll width											
	m	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Roll length											
	m	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Roll weight											
	kg	150	145	210	330	320	440	640	410	635	775

product **Mirafi Woven Geotextiles**
For hydraulic and marine applications

Property	Units	PE45	PE45L	PE45/20	PE50/40	PE50/40L	PE40/35	PE40/35L	PP50L	PP80L	PP200/40L
CONSTRUCTION											
Raw material		PE	PE	PE	PE	PE	PE	PE	PP	PP	PP
Available with loops			L			L		L	L	L	L
MECHANICAL PROPERTIES											
Wide width tensile strength											
ISO 10319 : 1993, BS 6906 : Part 1 : 1987											
Mean peak strength - warp	kN/M	45	45	45	50	50	40	40	50	80	200
Mean peak strength - weft	kN/M	45	45	20	40	40	35	35	55	80	40
Extension at peak strength - warp	%	25	25	20	30	30	30	30	15	15	15
Extension at peak strength - weft	%	25	25	20	20	20	20	20	10	12	15
CBR puncture											
BS 6906 : Part 4 : 1989, DIN 54307											
Mean peak strength	kN	5.8	5.8	5.0	4.0	4.0	3.9	3.9	5.0	11	11
Drop cone											
BS 6906 : Part 6 : 1990											
D_{500}	mm	8	8	13	12	12	12	12	6	6	6
HYDRAULIC PROPERTIES											
Pore size											
BS 6906 : Part 2 : 1989											
AOS - O90	mm	0.18	0.18	0.30	0.45	0.45	1.00	1.00	0.25	0.18	0.30
Water permeability											
BS 6906 : Part 3 : 1989											
Q_{100}	L/m ² .sec	50	50	100	600	600	650	650	25	20	20
PHYSICAL PROPERTIES											
Mass per unit area											
EN 965 : 1995											
	g/m ²	235	235	165	210	210	190	190	300	410	625
Thickness											
EN 964 : 1995											
	mm	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7	0.9	0.9	1.2	1.2	1.8
Roll width											
	m	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Roll length											
	m	100	100	100	100	100	100	100	200	200	200
Roll weight											
	kg	130	130	95	115	115	105	105	310	420	635

product **Mirafi Woven Polyester
Geotextiles**
For reinforcement applications

Property	Units	PET150/45	PET200/45	PET300/45	PET400/50	PET500/45	PET600/50	PET800/100
MECHANICAL PROPERTIES								
Wide width tensile strength								
ISO 10319 : 1993, BS 6906 : Part 1 : 1987								
Mean peak strength - warp	kN/M	150	200	300	400	500	600	800
Mean peak strength - weft	kN/M	45	45	45	50	45	50	100
Extension at peak strength - warp	%	9	9	11	12	10	10	9
Extension at peak strength - weft	%	15	17	10	14	14	14	12
HYDRAULIC PROPERTIES								
Pore size								
BS 6906 : Part 2 : 1989								
AOS - O90	mm	0.100	0.085	0.065	<0.059	<0.059	<0.059	<0.059
Water permeability								
BS 6906 : Part 3 : 1989								
Q ₁₀₀	L/m ² .sec	40	35	30	30	30	30	20
PHYSICAL PROPERTIES								
Mass per unit area								
EN 965 : 1995	g/m ²	340	435	560	740	1000	1230	1700
Thickness								
EN 964 : 1995	mm	0.5	0.7	1.1	1.2	1.3	1.4	1.7
Roll width	m	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Roll length	m	300	300	200	200	200	200	150
Roll weight	kg	520	660	570	750	1000	1230	1275

ประวัติผู้เขียน

นายสุธรรม โรจนเมฆา เกิดเมื่อวันที่ 18 กรกฎาคม 2507 ที่ อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี สำเร็จการศึกษา ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา จากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา ปีการศึกษา 2530 เข้าศึกษาต่อในภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2538

