บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาที่นำไปสู่การค้นคว้าวิจัย

ดินบริเวณก่อสร้างที่เป็นดินเหนียวอ่อน มักเกิดปัญหาทางวิศวกรรม เช่นชั้นดินเกิดการทรุดตัวมาก กำลังแบกทานต่ำ วิธีหนึ่งที่ใช้แก้ปัญหาคือ วิธีการปรับปรุงเสถียรภาพของชั้นดินให้ดินอัดตัวได้น้อยลงและมีกำลังแบกทานมากขึ้น โดยใช้น้ำหนักบรรทุกกดทับไว้ก่อนการก่อสร้าง พร้อมกับติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูป เพื่อเร่งให้น้ำในชั้นดินสามารถระบายน้ำออกได้เร็วขึ้น ชั้นดินเกิดการอัดตัวระบายน้ำได้มากขึ้น กำลังแบกทานสูงขึ้น และการอัดตัวได้ลดลง

ในการวางแผนออกแบบนั้น วิศวกรฐานรากจำเป็นต้องคาดคะเนเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ยของชั้นดิน วิธีหนึ่งที่ใช้คือยึดตามข้อสรุปของ *Kjellman (*1948) ว่าผลของทางระบายน้ำต่อการอัดตัวระบายน้ำของชั้นดิน ขึ้นอยู่กับความยาวเส้นรอบรูปของหน้าตัดทางระบายน้ำเป็นส่วนใหญ่ พื้นที่หน้าตัดมีผลเพียงเล็กน้อย ด้วยสาเหตุนี้ทางระบายน้ำที่มีหน้าตัดรูปร่างเป็นแถบและเป็นวงกลมจะให้ผลการอัดตัวระบายน้ำเท่ากัน ถ้าเส้นรอบรูปเท่ากัน

การคำนวณเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ยในงานบรรทุกน้ำหนักก่อนก่อสร้าง พร้อมทั้งติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูป จึงคิดหน้าตัดแถบทางระบายน้ำเป็นหน้าตัดวงกลมที่มีเส้นรอบรูปเท่ากับเส้นรอบรูปหน้าตัดจริง และคิดบริเวณที่เกิดการอัดตัวระบายน้ำเข้าสู่แถบทางระบายน้ำสำเร็จรูป เป็นทรงกระบอกกลมที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับบริเวณที่เกิดการอัดตัวระบายน้ำเข้าสู่แถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปจริง จะเห็นได้ว่าบริเวณที่เกิดการอัดตัวระบายน้ำที่ใช้วิเคราะห์ต่างจากความเป็นจริง

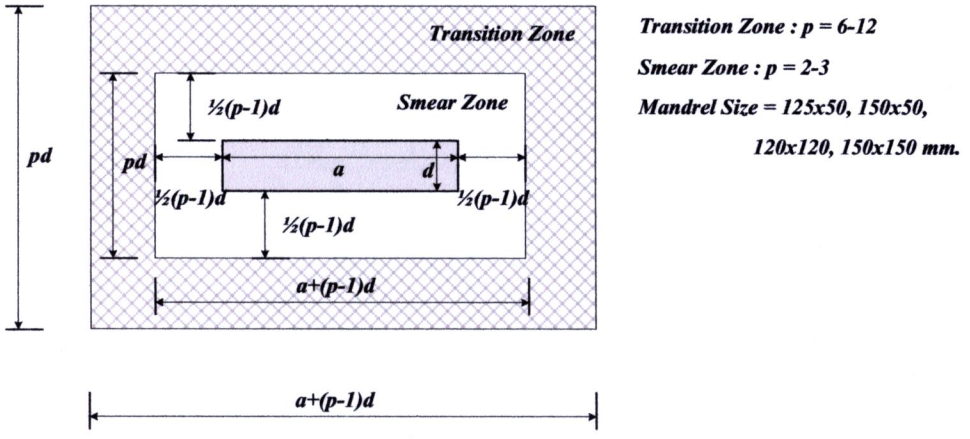
อีกทั้งในการติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูป แบบ *(Mandrel)* ที่ใช้จะทำให้ดินบริเวณโดยรอบกระทบกระเทือน ทำให้การซึมได้ของดินลดลง เนื่องจากการเสียดสีของดินกับแบบขณะติดตั้ง *(Smear Effect)*

วิทยานิพนธ์นี้มุ่งวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย โดยคิดทางระบายน้ำเป็นแถบ และบริเวณที่เกิดการอัดตัวระบายน้ำเข้าสู่แถบรูปทรงกระบอกหน้าตัดสี่เหลี่ยมตามความเป็นจริง และคำนึงถึงการซึมได้ที่ลดลงเนื่องจากการเสียดสีขณะติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปด้วย

ในการบรรทุกน้ำหนักก่อนการใช้งานจริงนั้น วิศวกรธรณีเทคนิคจะต้องคาดคะเนได้ว่าจะใช้น้ำหนักบรรทุกได้สูงสุดเท่าไรที่ดินอ่อนใต้ฐานรากจะรับได้ และจะต้องทิ้งไว้ให้เกิดการอัดตัวระบายน้ำโดยใช้เวลาสั้นที่สุดเท่าไรจึงจะเริ่มถมดินชั้นต่อไปได้

1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ในอดีตการวิเคราะห์บริเวณดินที่กระทบกระเทือน จากแบบขณะติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปจะเกิดเป็นลักษณะผิวติดกับแบบ ซึ่งคิดเหมือนกับการเร่งระบายน้ำในดินโดยใช้วิธีเจาะหลุม แล้วใส่ทรายลงไปทำหน้าที่เป็นทางระบายน้ำ ต่อมามีงานวิจัยบ่งบอกว่าดินที่ถูกกระทบกระเทือนจะมีอยู่ 2 ส่วน ส่วนแรกจะเป็นดินที่ได้รับการเสียดสีแล้วถูกกระทบกระเทือนแปรสภาพไป เรียกว่าบริเวณเสียดสี *(Smear Zone)* ในบริเวณนี้ดินจะมีค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ในแนวราบลดลงอย่างมาก ส่วนที่สองจะห่างจากบริเวณที่ได้รับการเสียดสีแต่การกระทบกระเทือนจะน้อยลงเรียกว่าบริเวณเปลี่ยนผ่าน *(Transition Zone) (Basu and Prezzi.* 2007*)* ซึ่งจะมีขนาดดังแสดงในรูป 1.1

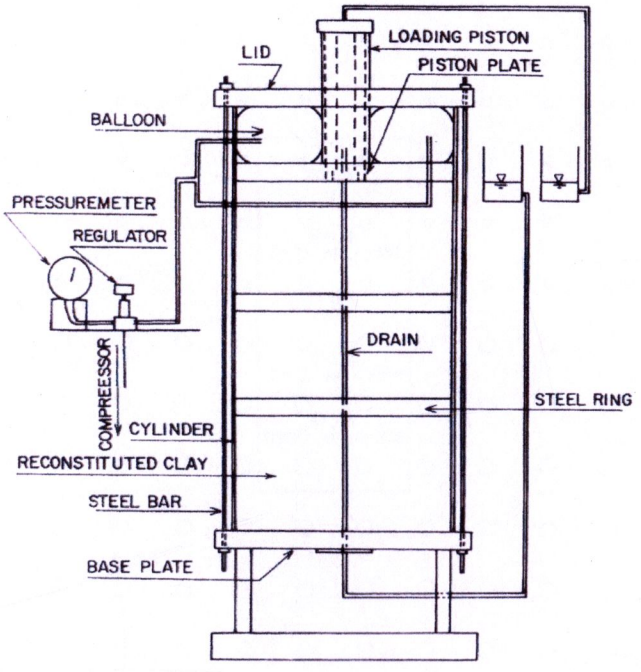


รูป 1.1 ขนาดของ บริเวณเสียดสี *(Smear Zone)* และบริเวณเปลี่ยนผ่าน *(Transition Zone)*
ที่มา: *(Basu and Prezzi.* 2007*)*

ดินในบริเวณทั้งสองจะได้รับผลกระทบต่อการซึมได้เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ไม่มีผลกระทบต่อการอัดตัวได้ของดิน *(Hansbo* 1981, *Madhav et al.*1993*)* และผลจากการกระทบกระเทือนทำให้สัมประสิทธิ์การซึมได้ตามแนวราบลดลง คิดเป็นอัตราส่วนระหว่าง สัมประสิทธิ์การซึมได้ตามแนวราบของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) ต่อสัมประสิทธิ์การซึมได้ตามแนวราบของดินคงสภาพ (k_o) เท่ากับ 0.001 *(Casagrande and Poulos* 1969*)* เท่ากับ 0.5-0.66 *(Bergado* 1991 และ*Onoue et al.*1991*)* และเท่ากับ 0.1-0.33 *(Bergado et al.*1993, *Hansbo* 1986, 1987, *Madhav et al.*1993 และ *Hird and Moseley* 2000 โดยอาศัยผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ การศึกษาแบบจำลอง และ

ข้อมูลในสนาม *Casagrande and Poulos* 1969 เสนอค่าที่ต่ำ (0.001) โดยอาศัยผลการวิเคราะห์กรณีที่เกิดขึ้นมาแล้วหลายๆการณี ในขณะที่ *Bergado* (1991) และ*Onoue (et al.*1991) เสนอค่าที่สูงกว่า (0.5-0.66)โดยอาศัยผลจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

Bergado (1991) ได้ทดสอบหาอิทธิพลของผิวเสียดสี โดยการติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูป ในดินเหนียวกรุงเทพมหานครในห้องทดสอบ ทำโดยใช้เครื่องมือทดสอบเป็นถังทรงกระบอกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 45.5 ซม. สูง 92 ซม. และหนา 1 ซม. ดังแสดงในรูป 1.2

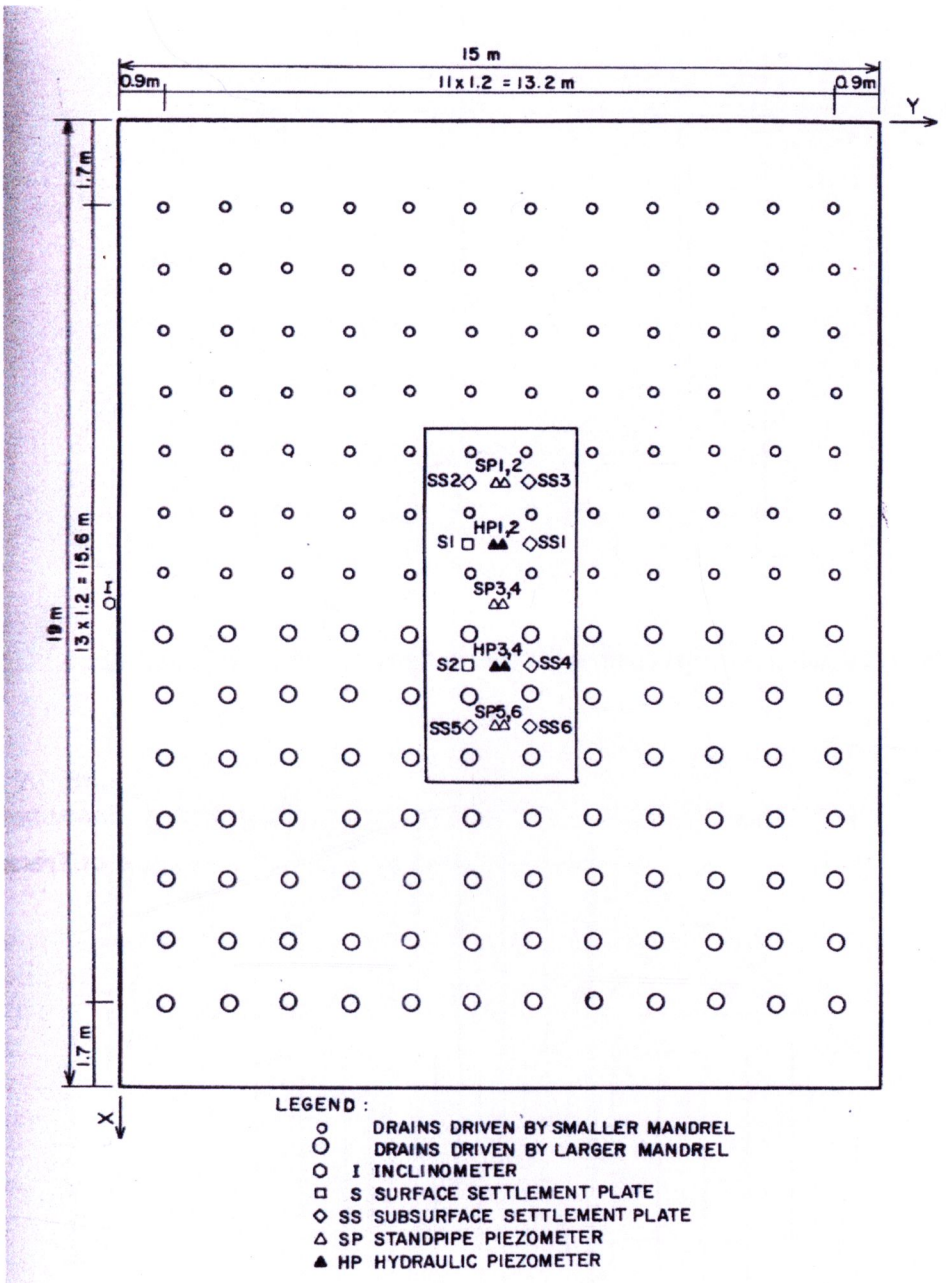


รูป 1.2 เครื่องมือทดสอบการอัดตัวระบายน้ำ ที่มา: *Bergado* (1991)

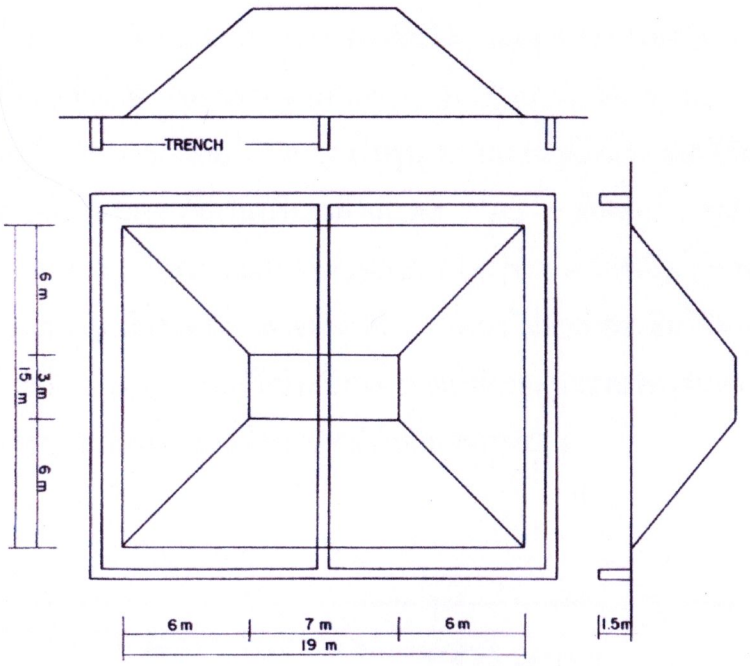
ติดตั้งแถบทางระบายน้ำจำลองขนาด 40 x 6 มม. ขนาดแบบ *(Mandrel)* หน้าตัดสี่เหลี่ยมกว้าง *(a)* x ยาว *(d)* = 60 x 60 มม. จากการทดสอบได้ผลสัมประสิทธิ์การซึมได้ตามแนวราบของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) ต่อสัมประสิทธิ์การซึมได้ตามแนวราบของดินคงสภาพ (k_s) อยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 0.66 และขนาดความกว้างของผิวเสียดสีเป็น 2 ถึง 3 เท่าของความกว้างแบบ *(Mandrel)*

การศึกษาแบบจำลอง และข้อมูลในสนาม ทำโดยติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูป ขนาด 100 x 6 มม. ความลึก 8.0 ม. ในผังสี่เหลี่ยมจัตุรัสระยะห่างระหว่างแถบ 1.2 ม. ในพื้นที่ขนาด 15 x

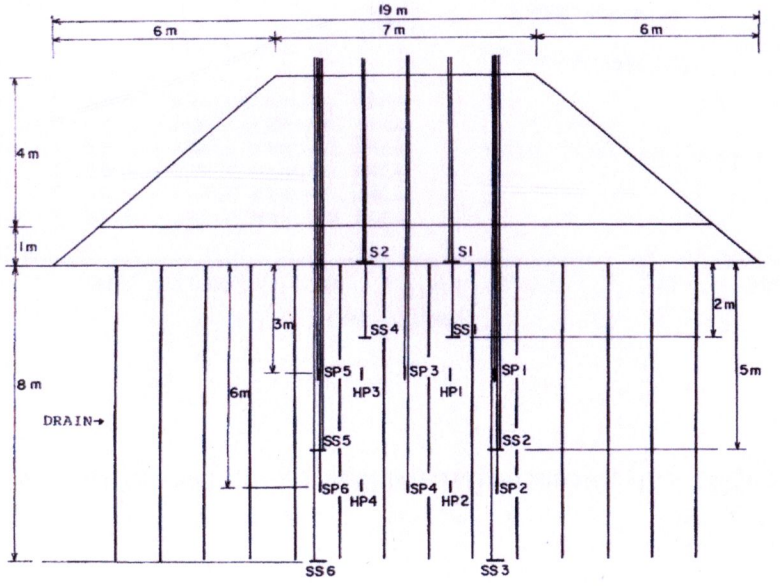
19 ม. ดังแสดงในรูป 1.3 ในการติดตั้งใช้ขนาดแบบ *(Mandrel)* กว้าง *(a)* x ยาว *(d)* = 45 x150 มม. และ 150 x150 มม. และใช้น้ำหนักบรรทุกดังแสดงในรูป 1.4 และ 1.5



รูป 1.3 ผังการติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูป ที่มา: *Bergado* (1991)

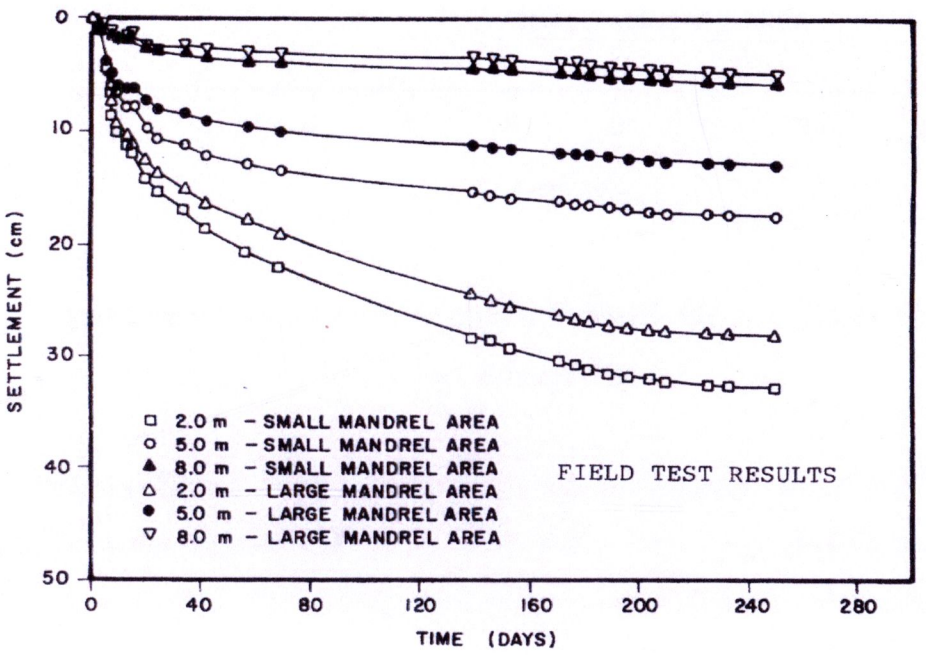


รูป 1.4 แปลนและรูปตัดแสดงขนาดของดินถม (น้ำหนักบรรทุก) ที่มา: *Bergado* (1991)

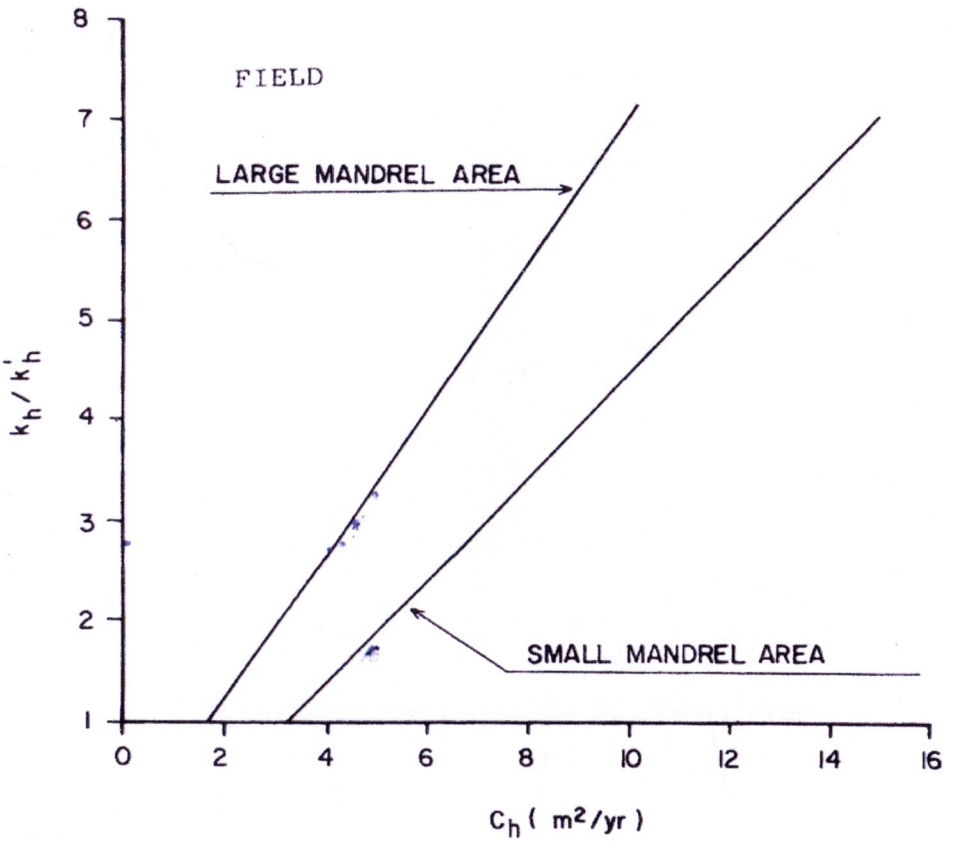


รูป 1.5 การติดตั้งเครื่องมือทดสอบ ที่มา: *Bergado* (1991)

ผลการเก็บข้อมูลการทรุดตัว แสดงในรูปที่ 1.6 แล้วคำนวณกลับหา สัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำในแนวราบ (C_h) โดยการกำหนดค่า การซึมได้ตามแนวราบของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) ต่อสัมประสิทธิ์การซึมได้ตามแนวราบของดินคงสภาพ (k_o)แตกต่างกันหลายค่า และขนาดของผิวเสียดสีเป็น 2 เท่าของแบบ *(Mandrel)* ดังแสดงในรูป 1.7 แสดงให้เห็นว่า ขนาดแบบ *(Mandrel)* มีผลต่อการซึมได้ตามแนวราบของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) ต่อสัมประสิทธิ์การซึมได้ตามแนวราบของดินคงสภาพ (k_o) โดยขนาดแบบ *(Mandrel)* ที่ใหญ่จะทำให้การซึมได้ตามแนวราบของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) มีค่าลดลง และจากรูปที่ 1.7 ยังนำไปหาค่าการซึมได้ตามแนวราบของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s) ต่อสัมประสิทธิ์การซึมได้ตามแนวราบของดินคงสภาพ (k_o) โดยประมาณจากค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำในแนวราบ (C_h)



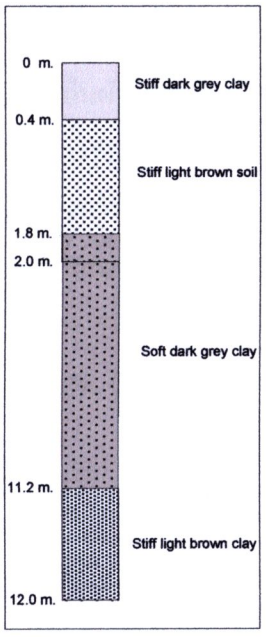
รูป 1.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและการทรุดตัวของดิน ที่มา: *Bergado* (1991)



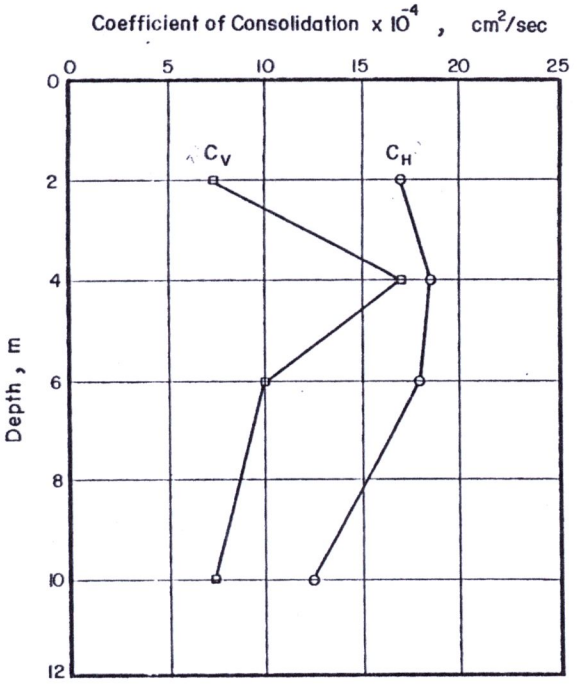
รูป 1.7 แสดงการคำนวณกลับหาค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำในแนวราบ (C_h)
ที่มา: *Bergado* (1991)

จากผลการวิจัยของ Taesiri (1976) พบว่า ดินเหนียวกรุงเทพ บริเวณรังสิต ที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ขีดจำกัดปั้นได้ (Plastic Limit) เท่ากับ 20% - 35% , ขีดจำกัดเหลว (Liquid Limit) เท่ากับ 95%-105% , ปริมาณน้ำธรรมชาติ (Water Content) เท่ากับ 60%-95%) มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงชั้นดินดังรูป 1.8 ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำในแนวราบ (C_h) แสดงไว้ในรูป 1.9

แถบทางระบายน้ำสำเร็จรูป การติดตั้งผังโครงข่ายรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยม ผืนผ้า และรูปสามเหลี่ยม มีระยะห่างศูนย์ถึงศูนย์ *(S)* อยู่ระหว่าง 1.00–3.50m. และแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปมีขนาดหน้าตัดเท่ากับ 100 x 4 มม. *(Holt* 1987*)*



รูป 1.8 ลักษณะชั้นดินเหนียวรังสิต ที่มา: Taesiri (1976)



รูป 1.9 การเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำในแนวราบ (C_h)กรุงเทพฯ บริเวณรังสิต ที่มา: Taesiri (1976)

1.2.1 ผลเฉลยของ *Teraghi* (1943)

เมื่อติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปเป็นผังโครงข่ายสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีระยะห่างศูนย์ถึงศูนย์แถบทางระบายน้ำเท่ากับ 100 มม. แถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปกว้าง 100 มม. แต่ละแถบจะอยู่ชิดกันต่อเนื่องกันเป็นแนวตรงยาวมาก ถ้าละทิ้งการไหลซึมตามแนวดิ่ง อิทธิพลของบริเวณผิวเสียดสี และความเครียดเฉือนที่เกิดขึ้นในดินเนื่องจากการทรุดตัวต่างระดับ (ความเครียดอิสระ) สำหรับชั้นดินเอกพันธ์มีคุณสมบัติเหมือนกันทุกทิศทาง การอัดตัวระบายน้ำที่เกิดขึ้น กลายเป็นการอัดตัวระบายน้ำมิติเดียว ซึ่งหาผลเฉลยได้ตาม *Terzaghi.* (1943) ดังสมการ

$$\overline{U}(T_h) = \left[1 - \frac{8}{\pi^2}\sum_{N=0}^{\infty}\frac{1}{(2N+1)^2}\exp\left(-[2N+1]^2\pi^2\frac{t_h}{4}\right)\right]\text{x}100\% \quad \text{..... (1.1)}$$

โดยที่ $\overline{U}$ เป็นเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย ที่ตัวประกอบเวลา T_h

$T_h = \dfrac{4k_o t}{\gamma_w m_{vo} s^2}$ ..... (1.2)

K_o เป็นสัมประสิทธิ์การซึมเของดินตามแนวราบ สำหรับดินคงสภาพ

m_{vo} เป็นสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงปริมาตรตามแนวดิ่งของก้อนดินคงสภาพ

S เป็นระยะห่างศูนย์ถึงศูนย์ของแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูป

t เป็นเวลา

γ_w หน่วยน้ำหนักของน้ำ

และ N เป็นจำนวนเต็มเท่ากับ 0, 1, 2, 3, ...

ในงานวิจัยนี้ กำหนดตัวประกอบเวลา T ตามสมการ

$$T = \frac{k_o t}{\gamma_w m_{vo} d_{ceq}^2} \quad \text{..... (1.3)}$$

โดยที่ d_{ceq} เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางวงกลม ที่มีพื้นที่เท่ากับบริเวณที่น้ำไหลซึมเข้าสู่แถบทางระบายน้ำแต่ละแถบ

$$d_{ceq} = \frac{2S}{\sqrt{\pi}} \quad \text{..... (1.4)}$$

เพราะฉะนั้น

$$T = \frac{\pi}{16}T_h \quad \text{..... (1.5)}$$

ดังนั้นเขียนสมการ (1.1) ในพจน์ของตัวแปร T ได้เป็น

$$\overline{U}(T) = \left[1 - \frac{8}{\pi^2}\sum_{N=0}^{\infty}\frac{1}{(2N+1)^2}\exp\left(-4\pi[2N+1]^2 T\right)\right]\text{x}100\% \quad \text{..... (1.6)}$$

ตาราง 1.1 ผลเฉลย *Terzaghi* (1943)

ตัวประกอบเวลา T_h Terzaghi (1943)	ตัวประกอบเวลา T วิจัย	เปอร์เซนต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})\ T_h$
0.00509	0.001	8.053
0.01019	0.002	11.388
0.01528	0.003	13.948
0.02037	0.004	16.105
0.02546	0.005	18.006
0.03056	0.006	19.725
0.03565	0.007	21.305
0.04074	0.008	22.776
0.04584	0.009	24.158
0.05093	0.010	25.465
0.10186	0.020	36.012
0.15279	0.030	44.098
0.20372	0.040	58.869
0.25465	0.050	56.726
0.30558	0.060	61.853
0.35651	0.070	66.364
0.40744	0.080	70.338
0.45837	0.090	73.841
0.50930	0.100	76.930
1.01859	0.200	93.434
1.52789	0.300	98.131
2.03718	0.400	99.468
2.54648	0.500	99.849
3.05577	0.600	99.957
3.56507	0.700	99.988
4.07437	0.800	99.997
4.58366	0.900	99.999
5.09296	1.000	100.000
10.18592	2.000	100.000
15.27887	3.000	100.000
20.37183	4.000	100.000
25.46479	5.000	100.000
30.55775	6.000	100.000
35.65071	7.000	100.000
40.74367	8.000	100.000
45.83662	9.000	100.000
50.92958	10.000	100.000

1.2.2 ผลเฉลยของอุดร แก่นสาร (2550)

อุดร แก่นสาร (2550) ได้วิเคราะห์ปัญหาการปรับปรุงเสถียรภาพของชั้นดิน โดยใช้น้ำหนักบรรทุกกดทับไว้ก่อนก่อสร้าง พร้อมกับติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปเป็นโครงข่ายสี่เหลี่ยมจัตุรัส ชั้นดินมีคุณสมบัติตามแนวราบเหมือนกันทุกทาง และเกิดการอัดตัวระบายน้ำตามแนวราบเพียงแนวเดียว ภายใต้น้ำหนักบรรทุกกดทับสม่ำเสมอเต็มพื้นผิว กระทำฉับพลันทันที และมีค่าคงตัวตลอดเวลา การอัดตัวระบายน้ำเกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขความเค้นอิสระ ไม่คิดอิทธิพลของบริเวณเสียดสี หาผลเฉลยโดยวิธีผลต่างอันตะ *(Finite difference method)* ได้ผลเฉลยเชิงตัวเลขสำหรับกรณีระยะห่างศูนย์ถึงศูนย์ของแถบทางระบายเท่ากับ 5, 10, 15 และ 20 เท่าความกว้างของแถบทางระบาย

ผลเฉลยสำหรับกรณีอัตราส่วนระหว่างระยะห่างศูนย์ถึงศูนย์ของแถบทางระบายต่อความกว้างของแถบทางระบายน้ำเท่ากับ 10 แสดงไว้ใน ตาราง 1.2

ตาราง 1.2 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย กรณีอัตราส่วนระหว่างระยะห่างศูนย์ ถึงศูนย์ของแถบทางระบายน้ำ ต่อความกว้างของแถบทางระบายน้ำเท่ากับ 10

ตัวประกอบเวลา T_h	ตัวประกอบเวลา T วิจัย	เปอร์เซนต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย $(\overline{U})$ T_h
0.010	0.0020	1.65
0.020	0.0039	2.62
0.030	0.0059	3.47
0.040	0.0079	4.26
0.050	0.0098	5.01
0.060	0.0118	5.73
0.070	0.0137	6.42
0.080	0.0157	7.10
0.090	0.0177	7.76
0.100	0.0196	8.40
0.200	0.0393	14.37
0.300	0.0589	19.80
0.400	0.0785	24.84
0.500	0.0982	29.55
0.600	0.1178	33.97
0.700	0.1374	38.11
0.800	0.1571	41.99
0.900	0.1767	45.62
1.000	0.1963	49.03
2.000	0.3927	73.32

1.3 หลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ปัญหาในวิทยานิพนธ์นี้ อาศัยทฤษฎีการอัดตัวระบายน้ำ 2 มิติในระบบพิกัดฉากคาร์ทีเซียนของ *Terzaghi, K.* (1943) และสมมุติฐานดังต่อไปนี้

1. น้ำในดินรับน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่งทั้งหมดในตอนเริ่มต้น
2. ความเครียดอัดทั้งหมดภายในชั้นดินเกิดขึ้นทั้งหมดในแนวดิ่ง
3. น้ำในดินไหลซึมตามระนาบราบเข้าสู่แถบทางระบายน้ำสำเร็จรูป

ดังนั้นอาศัยสมมุติฐานสมการต่อเนื่องและความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น-ความเครียด (การอัดตัวได้ของดิน) สมการควบคุมการอัดตัวระบายน้ำสองมิติในดินมีคุณสมบัติในแนวราบเหมือนกันทุกทิศทาง สร้างขึ้นได้เป็น

$$\frac{k_h}{\gamma_w}\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)=\frac{a_v}{1+e}\left(\frac{\partial u}{\partial t}\right) \qquad \text{..... (1.7)}$$

โดยที่ k_h = สัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินในแนวราบ

γ_w = หน่วยน้ำหนักของน้ำ

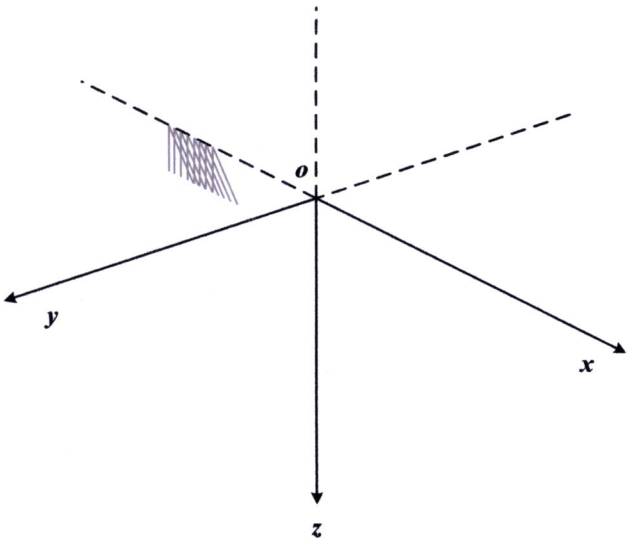
x,y,z = พิกัดฉากคาร์ทีเซียนดังรูป 1.10

e = อัตราส่วนช่องว่างของดิน

a_v = สัมประสิทธิ์การอัดตัวได้มิติเดียวในแนวดิ่งของดิน

u = ความดันน้ำส่วนเกิน

t = เวลา



รูป 1.10 พิกัดฉากคาร์ทีเซียน

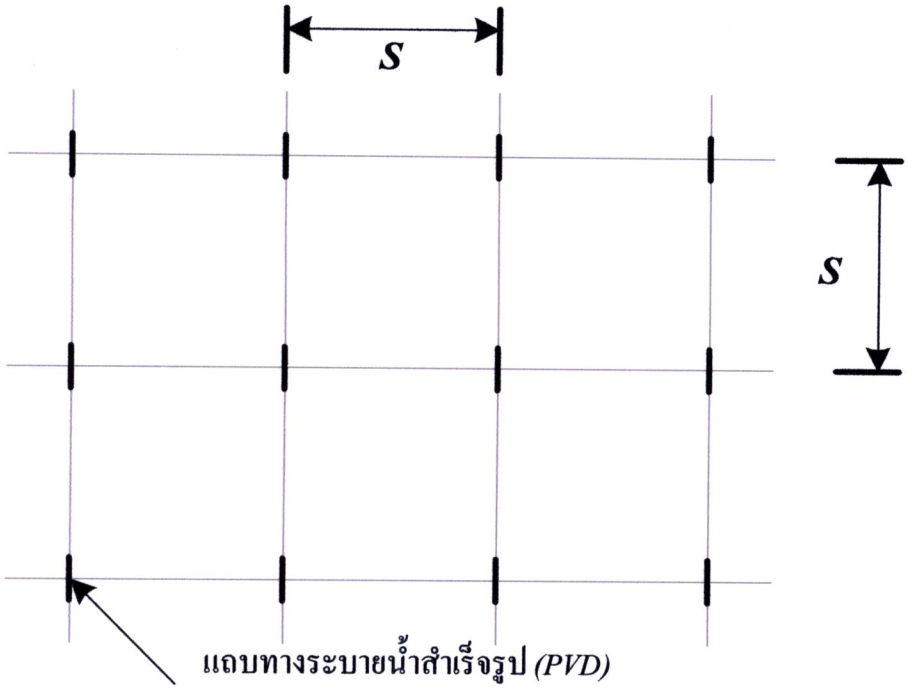
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์หาอัตราการอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย ของชั้นดินที่ปรับปรุงเสถียรภาพโดยใช้น้ำหนักบรรทุกกดทับก่อนก่อสร้าง พร้อมทั้งติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูป

1.5 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

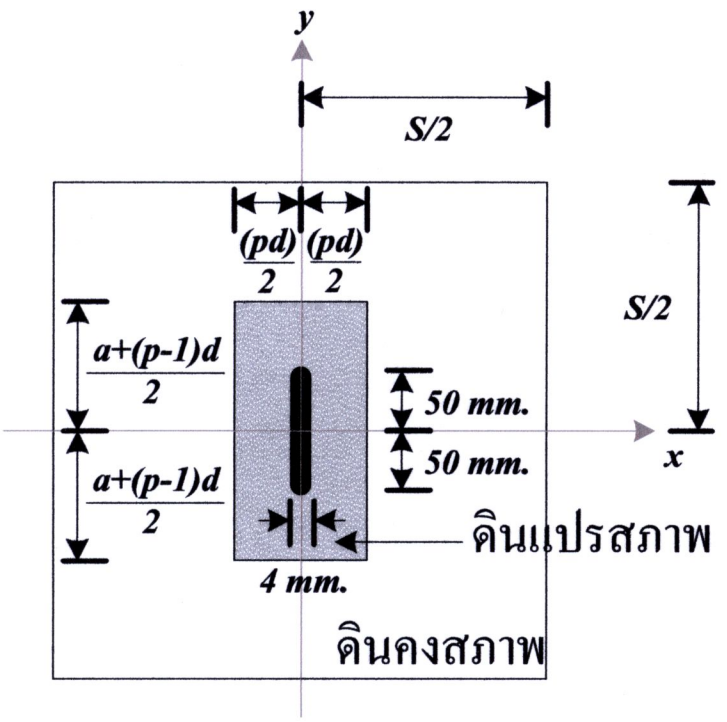
ปัญหาที่นำมาวิจัยเป็นปัญหาการปรับปรุงเสถียรภาพของชั้นดิน โดยใช้น้ำหนักบรรทุกกดทับไว้ก่อนก่อสร้าง พร้อมทั้งติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปเป็น โครงข่ายสี่เหลี่ยมจัตุรัส ชั้นดินมีคุณสมบัติเหมือนกันทุกทิศทางตามแนวราบ และเกิดการอัดตัวระบายน้ำตามแนวราบเพียงแนวเดียว ภายใต้น้ำหนักบรรทุกกดทับสม่ำเสมอเต็มพื้นที่ผิว กระทำฉับพลันทันที และมีค่าคงตัวตลอดเวลา การอัดตัวระบายน้ำเกิดขึ้นภายใต้สภาวะความเครียดอิสระ *(Free Strain)* ดังรูป 1.11

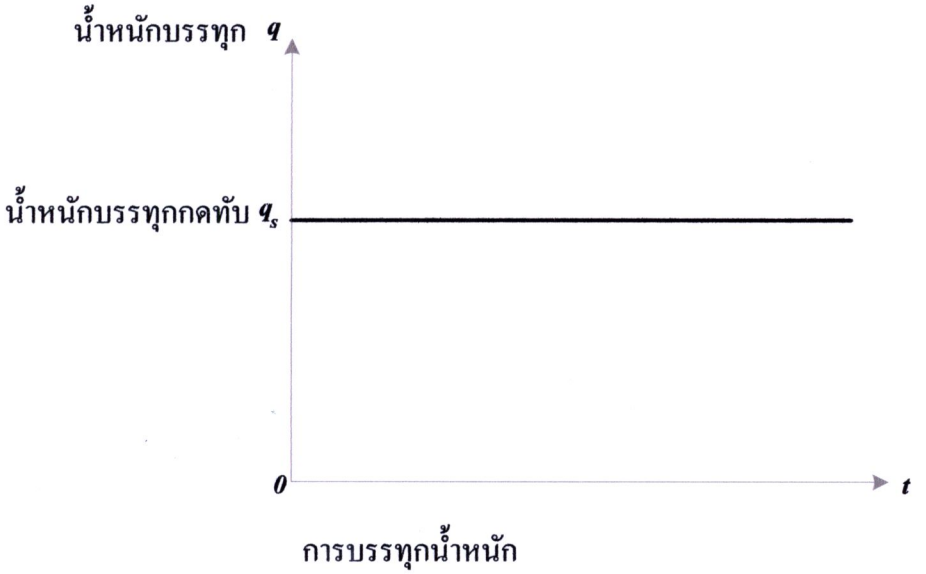


ผังการติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูป *(PVD)*

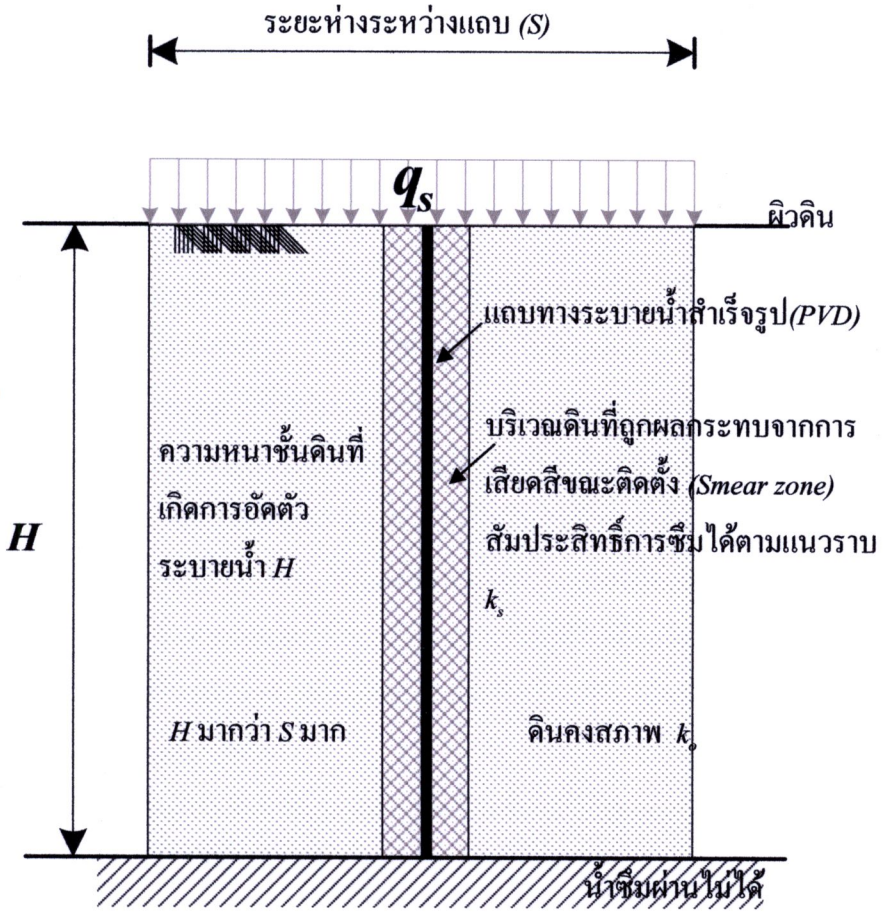
รูป 1.11 ปัญหาที่นำมาวิจัย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 14 พ.ย. 2556
เลขทะเบียน 248725
เลขเรียกหนังสือ





รูป 1.11 ปัญหาที่นำมาวิจัย (ต่อ)



รูป 1.11 ปัญหาที่นำมาวิจัย (ต่อ)

ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

1.5.1 ระยะห่างระหว่างแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูป *(S)* = 1, 2, 3 เมตร.

1.5.2 อัตราส่วนสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสีต่อสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_s/k_o) = 0.001, 0.01, 0.1, 0.2, 0.5 และ 1.0

1.5.3 ขนาดแบบ *(Mandrel)* หน้าตัดสี่เหลี่ยม กว้าง *(a)* x ยาว *(d)* = 150 x 50 มม., 150 x 150 มม.

1.5.4 ขนาดของผิวเสียดสี บ่งบอกด้วยตัวแปรเสริมบริเวณผิวเสียดสี *(p)* = 2, 3

1.5.5 แถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปมีขนาดหน้าตัดเท่ากับ 100 x 4 มม.