การทรุดตัวของชั้นดินเหนียวอ่อนด้วยวิธี Inflection Point กรณีมีและไม่มีระบบระบายน้ำตามแนวดิ่ง

Settlement of Soft Clay by Inflection Point Method for With and Without PVD

กนกอร กันฉรงค์ วีรยา ฉิมอ้อย

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

บทคัดย่อ

บทความนี้เปรียบเทียบการวิเคราะห์อัตราการทรุดตัวด้วยวิธี Inflection Point ทั้งในกรณีที่มีและไม่มี PVD โดยเปรียบเทียบกับวิธีการของ Terzaghi ในกรณีที่ไม่มี PVD และ เปรียบเทียบกับสมการของ Barron ในกรณีที่มี PVD โดยใช้กรณีศึกษา การถมทางวิ่งของท่าอากาศยานสากลกรุงเทพแห่งที่ 2 ที่มีการปรับปรุงคุณภาพด้วยระบบระบายน้ำตามแนวดิ่ง จากผลการศึกษาพบว่า การหาค่าสัมประสิทธิ์การทรุดตัวด้วยวิธี Inflection Point มีค่าสูงกว่าวิธี Square Root Time ทำให้การคำนวณอัตราการทรุดตัวกรณีที่ไม่มีการปรับปรุงด้วยระบบระบายน้ำตามแนวดิ่งด้วยวิธี Inflection Point เร็วกว่าวิธีของ Terzaghi สำหรับกรณีที่มีระบบระบายน้ำตามแนวดิ่ง อัตราการทรุดตัวของวิธี Inflection Point ช้ากว่าวิธีการของ Barron และพบว่าอัตราการทรุดตัวด้วยวิธีการของ Barron ใกล้เคียงกับอัตราการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริงในสนาม

คำสำคัญ : คันดิน การทรุดตัวของชั้นดินเหนียวอ่อน ระบบระบายน้ำตามแนวดิ่งด้วยแผ่นใยสังเคราะห์ อัตราการทรุดตัว

Abstract

This paper presents the comparison of rate of settlement of soft clay by inflection point method both with and without prefabricated vertical drain (PVD) improvement, comparing with Terzaghi theory in the case of without PVD improvement and comparing with Barron method in the case of with PVD improvement. The case study of runway of the second Bangkok International Airport that have PVD improvement are used. From the results, it is found that the coefficients of consolidation by inflection method were higher than square root time method. This causes the rate of settlement by inflection point method was faster than Terzaghi method in the case of without PVD improvement. But in the case of with PVD method, the rate of settlement by inflection point method was slower than that of Barron method. When compare with the settlement of the case history, it is found that the rate of settlement by Barron was closed to the field settlement.

Keywords : Embankment, Settlement of Soft Soil, Prefabricated Vertical Drained, rate of settlement

1. บทนำ

ในการก่อสร้างคันทางหรือคันดินถมบนชั้นดินเหนียวอ่อน เนื่องจากชั้นดินเหนียวอ่อนกำลังรับน้ำหนักต่ำ ทำให้ไม่สามารถก่อสร้างคันทางจนถึงความสูงที่ต้องการได้ จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพดิน ซึ่งมีอยู่หลายวิธี แต่สำหรับกรณีที่เป็นคันทางหรือคันดินถม วิธีการปรับปรุงที่นิยมใช้ คือ น้ำหนักกดทับล่วงหน้า (Preloading) โดยการใช้การถมทีละขั้น (Step Loading) ควบคู่กับการใช้ระบบระบายน้ำตามแนวดิ่ง (PVD) โดยอาศัยหลักการที่เมื่อดินเกิดการทรุดตัว ดินจะแน่นขึ้น และมีกำลังรับน้ำหนักสูงขึ้นโดยระบบระบายน้ำตามแนวดิ่งช่วยเร่งการทรุดตัวให้เกิดระหว่างการก่อสร้างทำให้ไม่มีผลกระทบกับคันดินถมระหว่างการใช้งาน [1, 2] ในการออกแบบการวิเคราะห์ปริมาณการทรุดตัวทั้งหมดมีความสำคัญมากเพราะเป็นค่าตั้งต้นในการวิเคราะห์อัตราการทรุดตัวตามเวลา ในงานวิจัยนี้สนใจวิธี Inflection Point ที่นำเสนอโดย Cour [3] และ Robinson [4] ใช้ความสัมพันธ์อัตราการทรุดตัว (U%) กับ log t ในการวิเคราะห์การทรุดตัวที่ร้อยละ 70 ซึ่งสามารถใช้ในการวิเคราะห์อัตราการทรุดตัวของดินได้ทั้งในกรณีที่ไม่มีและมี PVD เนื่องจากการประมาณอัตราการทรุดตัวตามเวลามีความสำคัญมากในการออกแบบ เพื่อวางแผนการเพิ่มน้ำหนักในแต่ละขั้น รวมถึงทำให้ทราบถึงปริมาณการทรุดตัวที่เหลืออยู่ภายหลังการก่อสร้างทำให้สามารถวางแผนการบำรุงรักษาคันทาง ดังนั้นเพื่อให้สามารถวิเคราะห์อัตราการทรุดตัวได้อย่างเหมาะสม ในงานวิจัยนี้จึงศึกษาเปรียบเทียบการวิเคราะห์อัตราการทรุดตัวด้วยวิธี Inflection Point ทั้งในกรณีที่มีและไม่มี PVD โดยเปรียบเทียบกับวิธีการของ Terzaghi [5] ในกรณีที่ไม่มี PVD และ เปรียบเทียบกับสมการของ Barron ในกรณีที่มี PVD โดยใช้กรณีศึกษา การถมทางวิ่งของท่าอากาศยานสากลกรุงเทพแห่งที่ 2 (สนามบินสุวรรณภูมิ)

2. ทฤษฎีวิเคราะห์ปริมาณการทรุดตัวและอัตราการทรุดตัว

2.1 ปริมาณการทรุดตัวของชั้นดิน

ทฤษฎีของ Terzaghi [5] เป็นการหาปริมาณการทรุดตัวแบบ 1 มิติของดินเหนียวอิ่มตัวเนื่องจากการอัดตัวคายน้ำขั้นแรก สำหรับดินอัดแน่นปกติ ตามสมการที่ (1)

$$s_c = \frac{C_c}{1+e_0} H \log\left(\frac{\sigma'_{vo}+\Delta\sigma}{\sigma'_{vo}}\right) \quad (1)$$

เมื่อ σ'_{vo} = หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวดิ่งในปัจจุบัน

H = ความหนาของชั้นดินที่ทรุดตัว

C_c = ดัชนีการยุบอัดตัว

e_0 = อัตราส่วนช่องว่างเริ่มต้น

$\Delta\sigma$ = หน่วยแรงที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากคันดินถม

โดยเมื่อมีการถมคันดินทีละขั้น ทำให้เกิดการทรุดตัวก่อนที่จะมีการถมขั้นถัดไป การทรุดตัวที่เกิดจากการถมน้ำหนักขั้นที่ 1 สามารถคำนวณได้ด้วยสมการที่ (2)

$$s_{c1} = \frac{C_c}{1+e_0} H \log\left(\frac{\sigma'_{vo}+\Delta\sigma_1}{\sigma'_{vo}}\right) \quad (2)$$

เมื่อให้เกิดการทรุดตัวจากการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกขั้นที่ 1 เท่ากับ U_1% ค่าการทรุดตัวที่เกิดจากการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกขั้นที่ 1 หาได้ด้วยสมการ (3)

$$s_1 = U_1 S_{c1} \quad (3)$$

และเมื่อมีการเพิ่มน้ำหนักบรรทุก n ขั้น การวิเคราะห์ค่าการทรุดตัวสามารถหาได้จากสมการ

$$s_{cn} = \frac{C_c}{1+e_0} H \log\left(\frac{\sigma'_{vo}+\Delta\sigma_1+....+\Delta\sigma_n}{\sigma'_{vo}}\right) \quad (4)$$

ค่าการทรุดตัวทั้งหมดจากการเกิดการทรุดตัวทีละขั้นจนถึงขั้นที่ n หาได้ด้วยสมการที่ (5)

$$s_n = s_{cn} - (s_1 + ... + s_{n-1}) \quad (5)$$

2.2 อัตราการทรุดตัวกรณีที่ไม่มี PVD

กรณีของอัตราการทรุดตัวที่ไม่มีระบบระบายน้ำตามแนวดิ่งใช้ทฤษฎีของ Terzaghi [5] ด้วยสมการ (6)

$$U = U_{avg} = 1 - \sum_{m=0}^{m=\infty} \frac{2}{M^2} e^{-M^2 T_v} \quad (6)$$

เมื่อ $M = (2m+1)(\pi/2)$

ค่าตัวประกอบของเวลาตามแนวดิ่ง (T_v) สามารถหาได้จากสมการ (7)

$$T_v = \frac{C_v t}{H_d^2} \quad (7)$$

เมื่อ H_d = ระยะทางการไหลของน้ำ

$H_d = H/2$ เมื่อน้ำไหลได้สองทิศทาง

$H_d = H$ เมื่อน้ำไหลได้ทิศทางเดียว

จากสมการ (6) เห็นว่าเวลาที่ใช้ในการทรุดตัวขึ้นอยู่กับค่า C_v ในงานวิจัยนี้จะเปรียบเทียบการหาค่า C_v ด้วยวิธี Terzaghi (t_{90}) [5] และวิธี Inflection point (t_{70}) [4]

2.3 อัตราการทรุดตัวกรณีที่มี PVD

1) วิเคราะห์ด้วยวิธีของ Barron [6] วิเคราะห์อัตราการทรุดตัวเนื่องจากการอัดตัวคายน้ำ (Time Rate of Consolidation) โดยใช้สมการอัตราการทรุดตัวเฉลี่ยที่เกิดขึ้นจากการระบายน้ำตามแนวรัศมี ดังสมการ (8)

$$U_r = 1 - \exp\left[\frac{-8}{F_n} T_r\right] \quad (8)$$

ค่าตัวประกอบของเวลาตามแนวรัศมี (T_r) สามารถหาได้จากสมการ (9)

$$T_r = \frac{C_r t}{D_e^2} \quad (9)$$

D_e = เส้นผ่านศูนย์กลางอิทธิพล ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ (10) หรือ (11) ขึ้นอยู่กับลักษณะการติดตั้ง

$D_e = 1.13S$ (กรณีติดตั้งแบบสี่เหลี่ยมจตุรัส) (10)

$D_e = 1.05S$ (กรณีติดตั้งแบบสามเหลี่ยม) (11)

เมื่อ S = ระยะห่างระหว่างการติดตั้ง PVD

C_r = สัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำตามแนวรัศมี สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (12)

$$C_r = \left(\frac{k_r}{k_v}\right) C_v \quad (12)$$

สำหรับดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ อัตราส่วนของค่า k_r/k_v ที่เสนอโดย Bergado และคณะ [7] มีค่าโดยประมาณเท่ากับ k_r/k_v = 4-10

F_n = ค่าตัวประกอบของระยะห่างของแผ่นระบายน้ำ (PVD) หาได้จากสมการ (13)

$$F_n = \frac{n^2}{n^2 - 1} \ln(n) - \frac{3n^2 - 1}{4n^2} \quad (13)$$

เมื่อ $n = D_e / d_w$

d_w = ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเทียบเท่า สามารถหาได้ตามสมการ (14)

$$d_w = \frac{2(a + b)}{\pi} \quad (14)$$

เมื่อ a = ความกว้างของแผ่น PVD

b = ความหนาของแผ่น PVD

2) วิเคราะห์ด้วยวิธีของ Inflection Point [1] โดยวิธีนี้วิเคราะห์อัตราการทรุดตัวเนื่องจากการอัดตัวคายน้ำ (Time Rate of Consolidation) ประกอบด้วยอัตราการทรุดตัวตามแนวดิ่งและอัตราการทรุดตัวตามแนวรัศมีตามสมการ (15)

$$U = 1 - (1 - U_v)(1 - U_r) \quad (15)$$

อัตราการทรุดตัวตามแนวดิ่ง (U_v) สามารถหาได้จากสมการ (16)

$$U_V = \frac{\sqrt{4xT_V}}{\pi} \quad (16)$$

อัตราการทรุดตัวตามแนวรัศมี (U_r) สามารถหาได้จากสมการ (17)

$$U_r = 1 - \exp\left[\frac{-8T_r}{\mu}\right] \quad (17)$$

เมื่อ $\mu = F_n + F_s + F_W$

F_n = ผลกระทบจากระยะห่างระหว่าง PVD โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ (18)

$$F_n = \ln n - \frac{3}{4} \quad (18)$$

เมื่อ n = อัตราส่วนระยะห่างของแผ่นระบายน้ำ = D_e/d_s

d_s = ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางของบริเวณที่ดินถูกรบกวน ดังสมการที่ (19)

$$d_s = 2d_m \quad (19)$$

เมื่อ d_m = ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางของ Mandrel สามารถหาได้จากสมการ (20)

$$d_m = \sqrt{\frac{4}{\pi} w x l} \quad (20)$$

F_s = ผลกระทบจากการถูกรบกวนของดิน คำนวณได้จากสมการ (21)

$$F_s = \left(\frac{k_r}{k_r'} - 1\right) \ln s \quad (21)$$

เมื่อ k_r = สัมประสิทธิ์การซึมน้ำตามแนวรัศมี

k_r' = สัมประสิทธิ์การซึมน้ำตามแนวรัศมีของบริเวณรบกวนดิน

$s = d_s/d_w$

F_r = ผลกระทบจากแรงต้านการไหลของแผ่นระบายน้ำ (Well Resistance) คำนวณได้จากสมการ (22)

$$F_r = \pi \frac{2l^2 k_r}{3q_w} \quad (22)$$

q_w = อัตราการไหลของแผ่นระบายน้ำ คำนวณได้จากสมการ (23)

$$q_w = 5l^2 k_r \quad (23)$$

เมื่อ l = ความยาวของแผ่นระบายน้ำ

หลักการวิเคราะห์และข้อดีข้อเสียของแต่ละวิธีทั้งในกรณีมีและไม่มี PVD สามารถสรุปได้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 หลักการวิเคราะห์ของแต่ละวิธี

กรณีไม่มี PVD	**หลักการวิเคราะห์**	**ข้อดี/ข้อเสีย**
วิธี Terzaghi	ใช้ t_{90}	อ่านค่าได้ไม่ชัดเจน
วิธี Inflection Point	ใช้ t_{70}	อ่านค่าได้ง่ายและชัดเจน
กรณีมี PVD	**หลักการวิเคราะห์**	**ข้อดี/ข้อเสีย**
วิธี Barron	มีเฉพาะการระบายน้ำตามแนวดิ่ง	ไม่พิจารณาผลกระทบการติดตั้ง PVD
วิธี Inflection Point	มีการระบายน้ำตามแนวดิ่งและแนวรัศมี	พิจารณาผลกระทบการติดตั้ง PVD เช่น แรงต้านการไหล Smear Zone เป็นต้น

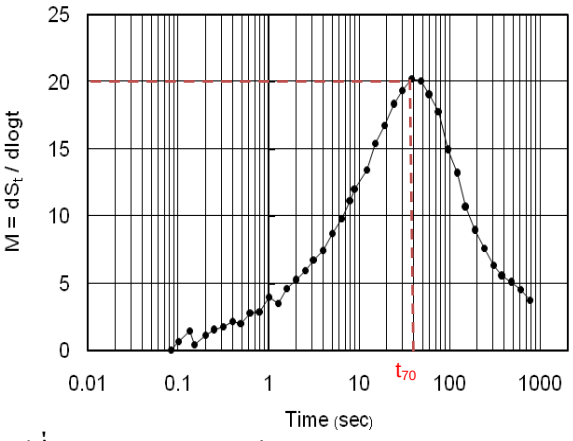
3. ผลการศึกษา

3.1 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำตามแนวดิ่ง (C_v)

1) วิธีรากที่สองของเวลา (Square Root Time) [5] หาค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำตามแนวดิ่งด้วยผลการทดสอบการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation Test) ในการหาค่า t_{90} ได้จากความสัมพันธ์ของค่าการทรุดตัวที่อ่านได้จากมาตรวัด (Dial Gauge) กับเวลาในรูปแบบของรากที่สองของเวลา (Square Root Time) ค่าตัวประกอบของเวลาตามแนวดิ่ง (T_v) ที่ t_{90} จะมีค่าเท่ากับ 0.848 ทำให้สามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำตามแนวดิ่ง (C_v) ได้จากสมการ

$$C_v = 0.848 H_d^2 / t_{90} \quad (24)$$

2) ทฤษฎีของ Inflection Point [4] โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำสามารถหาได้จากค่า t_{70} โดยใช้ความสัมพันธ์ของค่า M และค่าลอการิทึมของเวลา เมื่อค่า $M = dS_t / d\log t$ ดังแสดงในรูปที่ 1

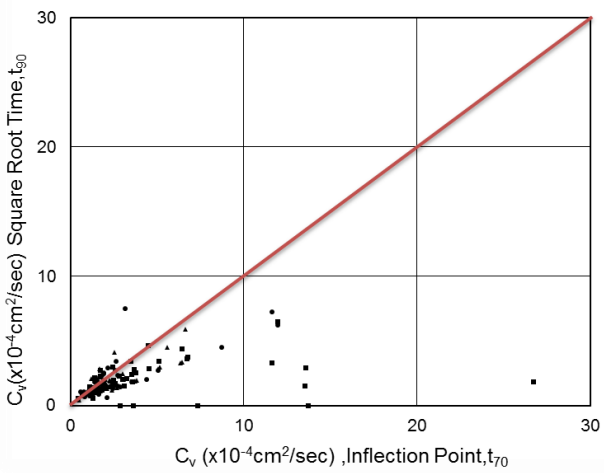


รูปที่ 1 การหาค่า t_{70} ตามวิธี Inflection Point

ค่าตัวประกอบของเวลาตามแนวดิ่ง (T_v) ที่ t_{70} จะมีค่าเท่ากับ 0.405 ทำให้สามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำตามแนวดิ่ง (C_v) ได้จากสมการ

$$C_v = 0.405 H_d^2 / t_{70} \quad (25)$$

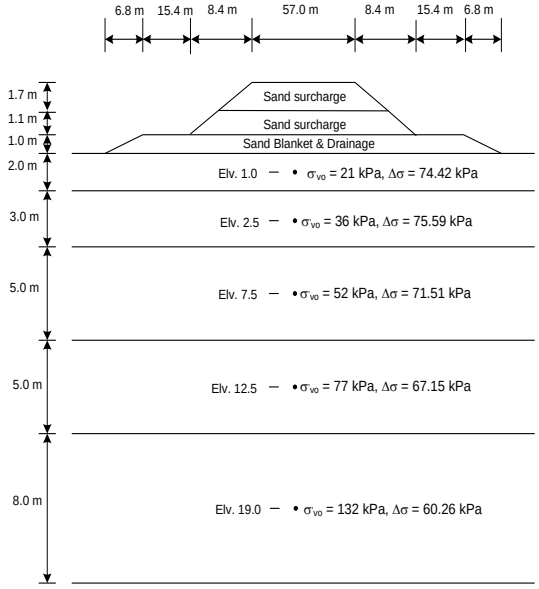
นำค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำที่หาได้จากทั้งสองวิธีมาแสดงความสัมพันธ์ดังแสดงในรูปที่ 2 จะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำตามแนวดิ่งของวิธี Inflection Point จะมีค่าสูงกว่าค่าของวิธี Square Root Time



รูปที่ 2 ค่า C_v ของวิธี Square Root Time และวิธี Inflection Point

3.2 อัตราการทรุดตัวกรณีไม่มี PVD

รูปที่ 3 แสดงหน้าตัดของชั้นดินของท่าอากาศยานสากลกรุงเทพแห่งที่ 2 ซึ่งแบ่งเป็น 5 ชั้น โดยคันดินถมสำหรับทางวิ่งแบ่งเป็น 3 ชั้น ซึ่งในกรณีที่ไม่มี PVD นั้นใช้สมมุติฐานว่าการถมทั้ง 3 ชั้นทำเสร็จในขั้นตอนเดียว ซึ่งทำให้เกิดการทรุดตัวในดินแต่ละชั้นตามสมการที่ (1) มีค่าเท่ากับ 0.028, 0.589, 0.281, 0.422 และ 0.067 เมตร ตามลำดับ โดยปริมาณการทรุดตัวที่เกิดขึ้นทั้งหมด 1.387 เมตร ดังแสดงในตารางที่ 2

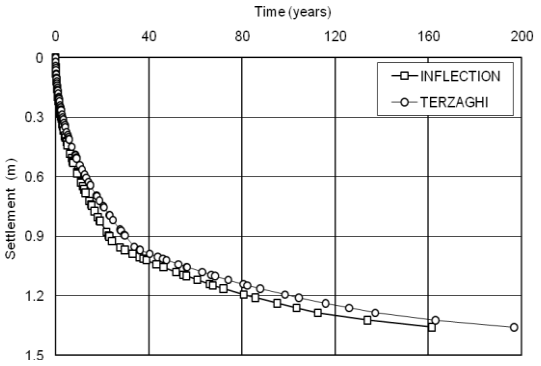


รูปที่ 3 หน้าตัดของคันดินถม และคุณสมบัติของชั้นดิน

สำหรับการหาอัตราการทรุดตัวในกรณีไม่มี PVD ตามสมการที่ (6) และ (7) นั้นขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำตามแนวดิ่ง ซึ่งแปรผันตามหน่วยแรงกระทำ โดยค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำตามวิธีรากที่สองของเวลาสำหรับดินชั้นที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 1.8×10^{-4} cm^2/sec และสำหรับดินชั้นที่ 3 – 5 มีค่าเท่ากับ 1.7×10^{-4} cm^2/sec

ค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำที่ได้จากวิธี Inflection Point ในดินชั้นที่ 1 และ 2 เท่ากับ 2.5×10^{-4} cm^2/sec และค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำตามแนวดิ่งเฉลี่ยของดินในชั้นที่ 3, 4 และ 5 เท่ากับ 2.1×10^{-4} cm^2/sec

โดยผลวิเคราะห์อัตราการทรุดตัวของชั้นดินทั้งหมดกรณีที่ไม่มี PVD ของทั้งสองวิธีแสดงในรูปที่ 4 โดยวิธีของ Terzaghi จะให้ค่าอัตราการทรุดตัวร้อยละ 95 ของชั้นดินที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 5 ปี 30 ปี 126 ปี 197 ปี 82 ปี ตามลำดับ และวิธีของ Inflection Point จะให้ค่าอัตราการทรุดตัวที่ร้อยละ 95 เท่ากับ 3.5 ปี 22.7 ปี 103 ปี 162 ปี 68 ปี ของชั้นดินที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ



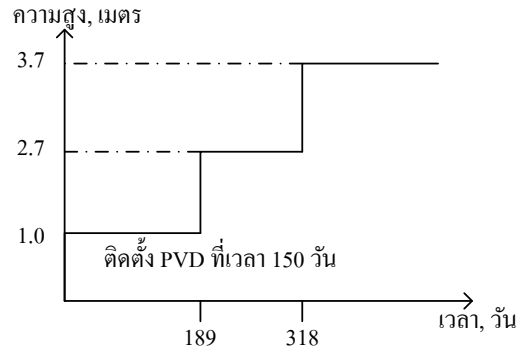
รูปที่ 4 เปรียบเทียบค่าการทรุดตัวทั้งหมดของชั้นดินตามวิธี Terzaghi และวิธี Inflection Point

ตารางที่ 2 ปริมาณการทรุดตัวของทางวิ่งจากคันดินถม

Elev	γ (kN/m^3)	H (m)	σ'_{vo} (kN/m^2)	$\Delta\sigma$ (kN/m^2)	σ'_{vf} (kN/m^2)	σ'_{vm} (kN/m^2)	e_0	C_c	C_r	S_{oc}(m)
1	16	2	21	74.42	98.42	110	0.9	0.2	0.04	0.028
3.5	14	3	36	73.59	109.59	50	3.1	2.3	0.15	0.589
7.5	14	5	52	71.50	123.50	100	2.7	1.8	0.15	0.281
12.5	16	5	77	67.15	144.15	110	1.9	1.9	0.14	0.422
19	20	8	132	60.26	192.26	140	0.7	0.1	0.02	0.067
									Total	1.387

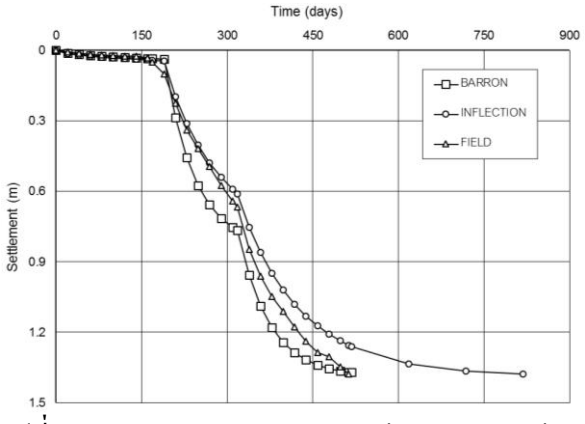
3.3 อัตราการทรุดตัวกรณีมี PVD

ในกรณีที่มี PVD นั้นการถมคันดินถมดังแสดงในรูปที่ 3 จะใช้ขั้นตอนการถมตามที่เกิดขึ้นจริงในสนาม โดยในแต่ละขั้นมีช่วงเวลาที่ปล่อยให้เกิดการทรุดตัวเนื่องจากการอัดตัวคายน้ำ รูปที่ 5 แสดงขั้นตอนการถมและระยะเวลาที่ให้เกิดการทรุดตัว การทรุดตัวที่เกิดขึ้นจากการถมน้ำหนักบรรทุกขั้นที่ 1 โดยเริ่มติดตั้ง PVD เมื่อเวลาผ่านไป 150 วัน มีค่า 0.038 เมตร และในขั้นที่ 2 ได้เริ่มถมเมื่อเวลาผ่านไป 189 วัน และทิ้งไว้ประมาณ 130 วัน จึงเริ่มถมขั้นสุดท้าย และทิ้งไว้โดยวัดการทรุดตัวครั้งสุดท้ายที่ 513 วัน เมื่อมีการติดตั้ง PVD แล้ว การวิเคราะห์การทรุดตัวด้วยวิธีของ Barron มีค่าการทรุดที่เกิดขึ้นเท่ากับ 0.728 และ 0.603 เมตร ตามลำดับ ในขณะเดียวกันค่าผลการทรุดตัวที่เกิดจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีของ Inflection Point ค่าการทรุดขึ้นที่เกิดขึ้นจากการถมน้ำหนักบรรทุกขั้นที่ 2 เท่ากับ 0.567 เมตร และค่าการทรุดขึ้นที่เกิดขึ้นจากการถมน้ำหนักบรรทุกขั้นที่ 3 ของดินเท่ากับ 0.643 โดยผลการวิเคราะห์การทรุดตัวทั้งสองวิธีการนั้นให้ผลการทรุดตัวรวมมีค่าเท่ากัน 1.387 เมตร และเท่ากับผลการทรุดตัวที่ได้จากการวิเคราะห์โดยให้การถมเป็นครั้งเดียวในกรณีที่ไม่มี PVD



รูปที่ 5 ขั้นตอนการถมในแต่ละขั้น

รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการทรุดตัวกับเวลาในกรณีที่มี PVD จากการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีเทียบกับการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริงในสนาม พบว่าวิธีการของ Barron ให้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่เกิดขึ้นจริงในสนาม ในขณะที่อัตราการทรุดตัวด้วยวิธีของ Inflection Point ช้ากว่าค่าที่เกิดขึ้นจริงในสนามเนื่องจากวิธีการของ Inflection Point คำนึงถึงผลกระทบที่เกิดจากการติดตั้งแผ่นระบายน้ำ ผลกระทบของบริเวณที่ดินถูกรบกวน (Smear Zone) และผลกระทบจากแรงต้านการไหลของแผ่นระบายน้ำ



รูปที่ 6 อัตราการทรุดตัวของดินตามวิธีของ Barron วิธีของ Inflection Point เปรียบเทียบกับข้อมูลในสนาม

4. สรุปผลการศึกษา

1.) ผลการวิเคราะห์อัตราการทรุดตัวในกรณีชั้นดินที่ไม่มี PVD โดยใช้การวิเคราะห์ 2 วิธีคือ วิธีของ Terzaghi และวิธีของ Inflection Point พบว่าอัตราการทรุดตัวด้วยวิธีของ Inflection Point เร็วกว่าวิธีการของ Terzaghi

2.) ผลการวิเคราะห์อัตราการทรุดตัวในกรณีชั้นดินที่มี PVD พบว่าอัตราการทรุดตัวด้วยวิธีการของ Barron ให้ค่าใกล้เคียงกับอัตราการทรุดตัวที่เกิดขึ้นในสนาม และอัตราการทรุดตัวด้วยวิธี Inflection Point จะเกิดขึ้นช้ากว่าอัตราการทรุดตัวที่เกิดขึ้นในสนาม

5. เอกสารอ้างอิง

[1] A.K. Sinha, G. Havanagi, and S. Mathur,"Inflection point method for predicting settlement of PVD improved soft clay under embankments,Geotextiles and Geomembranes, Vol.25, pp.336- 345, April, 2007.

[2] C.J. Leo, "Equal consolidation by vertical drains.," J. Geotech. Geoenviron Eng., Vol.131, No.10, pp.1317-1317, October, 2005.

[3] F.R. Cour, "Inflection Point Method for Computing C_v," Journal of the Soil Mechanics. Foundation Div, ASCE, Vol.97, No.5, pp. 827-831, August, 1971.

[4] R.G. Robinson,"Consolidation analysis by inflection point method," J. Geotech. Geoenviron Eng, Vol.47, No.1, pp.199-200, February, 1997.

[5] K. Terzaghi, "Theoretical soil mechanics," John Wiley and Sons, Inc., New York, 1943

[6] R.A. Barron, "Consolidation of Fine-grained Soils by Drain Wells," Transactions of ASCE, Vol.113, pp.718-754, January, 1948.

[7] D.T. Bergado, J.C. Chai, M.C. Alfaro and A.S. Balasubramaniam, "Improvement Techniques of Soft Ground in Subsideind and Lowland Environment," AIT, 1992.