# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 บทนำเรื่องทั่วไป

ในปัจจุบันถึงแม้ว่าท่าอากาศยานพาณิชย์นานาชาติกรุงเทพ (ดอนเมือง) จะได้เริ่มทำการปรับปรุงและขยาย โดยก่อสร้างทางวิ่งใหม่ ขยายอาคารผู้โดยสารขาเข้า-ออก คลังสินค้า ฯลฯ แต่การขยายและปรับปรุงนี้ เมื่อทำการก่อสร้างเสร็จแล้ว จะสามารถรับปริมาณผู้โดยสาร ปริมาณเครื่องบินโดยสารที่บินขึ้น-ลง ปริมาณสินค้าทางอากาศ ตามที่คาดการณ์เอาไว้จะใช้ได้เต็มที่จนเกินขีดความสามารถของการใช้งานภายใน 10-15 ปีข้างหน้า ทำให้ต้องมีการเตรียมหา สถานที่แห่งใหม่สำหรับสร้างสนามบินพาณิชย์นานาชาติกรุงเทพ เป็นแห่งที่สองขึ้น บริเวณพื้นที่ที่ได้เลือกเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ คือ บริเวณหนองงูเห่า อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ อยู่ทางทิศตะวันออกของกรุงเทพประมาณ 20 กิโลเมตร เป็นบริเวณที่ได้เคยเตรียมการก่อสร้างอยู่ก่อนแล้วโดยบริษัทนอร์ธทรอป ประเทศสหรัฐอเมริกา พื้นที่บริเวณหนองงูเห่า จากการเจาะสำรวจชั้นดินในเบื้องต้น พบว่าเป็นชั้นดินเหนียวอ่อนมาก (very soft clay) ชั้นดินเหนียวอ่อน (soft clay) มีความหนาจากผิวดิน 15 เมตร ซึ่งถ้าทำการก่อสร้างทางวิ่ง (Runway) ทางขับ (Taxiway) ลานจอดเครื่องบิน (Apron) และสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ที่วางอยู่บนพื้นดินโดยตรงโดยไม่มีการปรับปรุงดินเดิม จะเกิดปัญหาการทรุดตัวหลังการก่อสร้าง (post construction settlement) ทำให้เกิดความเสียหาย เกิดการแตกร้าวและอาจเกิดการพังทลายในระหว่างการก่อสร้าง เนื่องจากชั้นดินดังกล่าวมีคุณสมบัติการอัดหดตัว (compressibility) สูง และมีกำลังรับแรงเฉือน (shear strength) ต่ำ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงชั้นดิน ให้มีคุณสมบัติที่พอเหมาะสำหรับการก่อสร้างเสียก่อน

การปรับปรุงชั้นดินสำหรับบริเวณนี้ ใช้แนวความคิดที่ว่า จะทำให้ชั้นดินดังกล่าวเกิดการทรุดตัวด้วยการยุบอัดตัว (consolidation) ในปริมาณที่มากเพียงพอกับปริมาณการทรุดตัวที่เกิดขึ้นด้วยน้ำหนักบรรทุกของการก่อสร้างตามปกติ และรวมการทรุดตัวเนื่องจาก Secondary Compression เสียก่อน ทำให้เกิดการทรุดตัวหลังการก่อสร้างอยู่ในพิกัด

และยังเป็นการเพิ่มค่ากำลังรับแรงเฉือน ทำให้ไม่เกิดการพังทลายระหว่างการก่อสร้างวิธีการทำให้ได้ตามแนวคิดนี้ เริ่มแรกใช้การถมวัสดุให้เป็นน้ำหนักบรรทุก เพิ่มความเค้นประสิทธิผล (effective stress) ในชั้นดิน เพื่อให้ชั้นดินเหนียว เกิดการยุบอัดตัว โดยออกแบบให้เกิดการทรุดตัวเท่ากับปริมาณที่จะเกิดจากการก่อสร้างจริง เมื่อการทรุดตัวเนื่องจากการยุบอัดตัวเกิดการทรุดตัวในปริมาณที่ต้องการแล้ว จึงนำน้ำหนักบรรทุกที่ถมไว้ออกไป แล้วจึงดำเนินการก่อสร้าง วิธีนี้ถึงแม้ว่าจะประหยัดและง่ายต่อการดำเนินการ แต่ถ้าเมื่อนำมาใช้กับชั้นดินเหนียวอ่อนที่มีความหนามาก ๆ ซึ่งมีค่าความซึมได้ (permeability) ต่ำ ทำให้การยุบอัดตัวเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ในบางโครงการที่มีระยะเวลาในการก่อสร้างจำกัด ถ้าต้องใช้เวลานานก่อนการก่อสร้าง อาจทำให้โครงการที่จะก่อสร้างเกิดความไม่เหมาะสม เมื่อมองถึงค่าใช้จ่ายของโครงการทั้งหมด จึงได้มีการเสนอวิธีที่จะทำให้เกิดการทรุดตัวเนื่องจากการยุบอัดตัวในอัตราที่เร็วขึ้น กล่าวคือทำให้น้ำที่อยู่ในช่องว่างของเม็ดดินไหลออกมาได้เร็วขึ้น โดยการติดตั้งท่อทรายระบายน้ำ (sand drain) ตามแนวดิ่ง ในชั้นดินที่ต้องการให้เกิดการยุบอัดตัว จะช่วยให้น้ำในช่องว่างของเม็ดดินไหลออกมาตามแนวราบสู่ท่อทรายที่มีค่าความซึมได้สูงกว่า และไหลตามแนวดิ่งผ่านตามท่อทรายขึ้นมา ซึ่งถ้าไม่ได้ติดตั้งท่อทรายระบายน้ำการยุบอัดตัวจะเกิดจากการไหลของน้ำในช่องว่างของเม็ดดินตามแนวดิ่ง ผ่านชั้นดินที่มีค่าความซึมได้ต่ำ การยุบอัดตัวที่เกิดขึ้นจะใช้เวลานานกว่าการติดตั้งท่อทรายระบายน้ำที่สามารถเร่งให้น้ำในช่องว่างของเม็ดดินไหลออกมาได้

ผู้เสนอวิธีใช้ท่อทรายระบายน้ำเป็นคนแรกคือ Daniel E. Moran (1925) นำไปใช้ในครั้งแรกเพื่อเพิ่มความมั่นคงของฐานรากที่เป็นดินอ่อนของถนนทางขึ้นสะพานซานฟรานซิส-โกโอ้คแลนด์ แต่การนำมาใช้ในครั้งแรก ต้องมีการทดลองทั้งในภาคสนามและห้องปฏิบัติการเพื่อนำมาสรุป โดยยังไม่มีทฤษฎีการออกแบบ Barron (1942) เป็นผู้ที่เสนอทฤษฎีการออกแบบโดยมีพื้นฐานจากทฤษฎีการยุบอัดตัว (Theory of consolidation) ของ Terzaghi ทฤษฎีของ Barron ได้ใช้เป็นพื้นฐานของการออกแบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยได้มีบุคคลต่าง ๆ ได้ปรับปรุงทฤษฎีนี้บ้าง แต่ยังคงใช้พื้นฐานจากทฤษฎีการยุบอัดตัวสำหรับการออกแบบท่อทรายระบายน้ำ (Theory of consolidation for sand drain design) ของ Barron Richart (1959) ได้ทบทวนผลงานต่าง ๆ และได้เขียนแผนภูมิ

ต่าง ๆ เพื่อสะดวกในการออกแบบและยังพิจารณาถึงผลของการเปลี่ยนค่าอัตราส่วนช่องว่างในมวลดิน (void ratio) Hansbo (1960) ได้ปรับปรุงการวิเคราะห์ของ Barron ในกรณี equal strain โดยให้การไหลของน้ำในช่องว่างของเม็ดดินเป็นสัดส่วนยกกำลังของความลาดชันทางชลศาสตร์ (hydraulic gradient) และปรับปรุงเมื่อเปรียบเทียบกับการทดสอบในแปลงทดสอบ เมื่อความลาดชัน (gradient) เป็นยกกำลัง 1.5 Schiffman (1958) พิจารณาถึงผลการเพิ่มน้ำหนักด้วยอัตราที่เท่ากันไปจนถึงน้ำหนักที่ต้องการและผลของการเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ (coefficient of permeability) Rowe (1964) ประยุกต์ใช้ solutions ของ Horne (1964) เกี่ยวกับการยุบอัดตัวของชั้นดินที่แตกต่างกัน โดยพิจารณาถ้ามีการไหลตามแนวรัศมีเข้าสู่ท่อทรายระบายน้ำ จะมีพฤติกรรมอย่างไร

นอกจากการใช้ท่อทรายระบายน้ำที่ใช้น้ำหนักบรรทุกเป็นวัสดุ เพื่อความเค้นประสิทธิผลในดิน เร่งให้มีการยุบอัดตัวเร็วขึ้นแล้ว ยังมีการเสนอถึงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักบรรทุกที่ต้องใช้วัสดุมาถม เป็นการใช้ความดันบรรยากาศ โดยการคลุมพื้นที่ที่ทำการปรับปรุงไม่ให้มีอากาศเข้าไป แล้วทำการสูบอากาศภายในออกจนเป็นสูญญากาศ (vacuum) เกิดความดันจากบรรยากาศกดลงมา วิธีนี้เสนอโดย Kjellmann (1949) และยังมีการติดตั้งเครื่องสูบน้ำในท่อทรายระบายน้ำ เพื่อทำการลดระดับน้ำใต้ดิน (dewatering) ซึ่งเป็นการเพิ่มความเค้นประสิทธิผลอีกวิธีหนึ่ง

การปรับปรุงดินในบริเวณหนองงูเห่านี้ จึงได้ทำแปลงทดสอบ (Test embankment) ขึ้น 3 แปลง เพื่อเปรียบเทียบวิธีการปรับปรุงด้วยวิธีเพิ่มน้ำหนักบรรทุกในรูปแบบต่าง ๆ กล่าวคือ ทุกแปลงทดสอบติดตั้งท่อทรายระบายน้ำในแนวดิ่ง แต่การเพิ่มน้ำหนักบรรทุกจะแตกต่างกันออกไป แปลงทดสอบหนึ่งใช้น้ำหนักบรรทุกเป็นวัสดุ แปลงทดสอบต่อมาใช้ความดันจากสภาพสูญญากาศ และอีกแปลงทดสอบใช้การลดระดับน้ำใต้ดิน โดยนำผลของการทดสอบมาวิเคราะห์หาพฤติกรรมของการทดสอบในแต่ละแปลงทดสอบ และนำมาเปรียบเทียบซึ่งกันและกัน เพื่อนำมาใช้ดำเนินการอย่างเหมาะสมต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์

ในการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ

1.2.1 เพื่อศึกษาพฤติกรรมของท่อทรายระบายน้ำ และเปรียบเทียบผลจากการออกแบบของทฤษฎีที่มีอยู่ กับผลของการทดสอบที่แท้จริงในภาคสนาม

1.2.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงชั้นดินเหนียว ในแปลงทดสอบที่ติดตั้งท่อทรายระบายน้ำของแต่ละแปลงทดสอบ ที่มีการใช้รูปแบบการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกต่างกันออกไป

## 1.3 ขั้นตอนการวิจัย

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมของท่อทรายระบายน้ำ ที่ทำการทดสอบในภาคสนาม นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับพฤติกรรมที่คาดคะเนจากทฤษฎีการออกแบบที่มีอยู่ และเปรียบเทียบสำหรับการนำไปใช้งานที่เหมาะสมต่อไป โดยเป็นการเปรียบเทียบจากการปรับปรุงชั้นดินเหนียวด้วยการติดตั้งท่อทรายระบายน้ำในแนวดิ่ง โดยการใช้น้ำหนักบรรทุกเป็นวัสดุมาถม, จากความดันบรรยากาศ และจากการลดระดับน้ำใต้ดิน การวิจัยจึงทำเป็นขั้นตอนดังนี้ คือ

1. เจาะสำรวจชั้นดิน (soil profile) และนำดินที่เจาะสำรวจมาทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาคุณสมบัติทางวิศวกรรมต่าง ๆ ของดินเหนียวบริเวณหนองงูเห่า นำมาสรุปใช้เป็นพารามิเตอร์ สำหรับการคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นด้วยทฤษฎีท่อทรายระบายน้ำ (Theory of sand drain) โดยข้อมูลคุณสมบัติทางวิศวกรรมต่าง ๆ นี้ เป็นการรวบรวมข้อมูลจากผู้ได้เคยทำการทดสอบมาก่อนแล้ว

2. สร้างแปลงทดสอบขึ้น 3 แปลง โดยแต่ละแปลงทดสอบมีรายละเอียด ดังนี้

<u>แปลงทดสอบที่ 1</u> (Test section I, TS-I) มีขนาด 40 × 40 เมตร จัดท่อทรายระบายน้ำเป็นแบบสามเหลี่ยม (triangular pattern) ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของท่อทราย 2.0 × 1.75 เมตร ท่อทรายมีเส้นผ่าศูนย์กลาง (nominal diameter) ประมาณ 27-30 เซนติเมตร เจาะลึกประมาณ 15 เมตร จากผิวดิน แปลงทดสอบนี้จะใช้วิธีให้น้ำหนักบรรทุกก่อน (preloading) ด้วยวิธีลดระดับน้ำใต้ดิน (dewatering)

และความดันสูญญากาศ

แปลงทดสอบที่ 2 (Test section II, Ts-II) มีขนาด 40 × 42.6 เมตร จัดท่อทรายระบายน้ำ เหมือนแปลงทดสอบที่ 1 ให้น้ำหนักบรรทุกก่อน (preloading) โดยใช้วัสดุ (surcharge) มาถม

แปลงทดสอบที่ 3 (Test section III, TS-III) มีขนาด 40 × 40 เมตร จัดท่อทรายระบายน้ำเป็นแบบสามเหลี่ยม (triangular pattern) ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของท่อทราย 2.4 × 2.1 เมตร ให้น้ำหนักบรรทุกก่อน (preloading) ด้วยวิธีลดระดับน้ำใต้ดิน ขนาดและความลึกของท่อทรายเหมือนกับการติดตั้งของแปลงทดสอบที่ 1

3. บันทึกผลของการทดสอบจากแปลงทดสอบ จากเครื่องมือต่าง ๆ ที่ได้ติดตั้งไว้ในแปลงทดสอบ นำผลที่ได้มาวิเคราะห์และประมวลผล

4. วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบกับผลการคาดคะเนจากทฤษฎี พร้อมกับการเปรียบเทียบวิธีการปรับปรุงชั้นดินด้วยท่อทรายระบายน้ำ โดยใช้น้ำหนักบรรทุกก่อน (preloading) ด้วยวิธีต่าง ๆ ของแต่ละแปลงทดสอบ

## 1.4 ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้ จะเป็นการนำข้อมูลคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินเหนียวบริเวณหนองงูเห่าที่จำเป็นสำหรับการปรับปรุงดินมาใช้ในทฤษฎีการออกแบบ เพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับผลการทดสอบที่วัดได้จากแปลงทดสอบต่าง ๆ

## 1.5 ความสำคัญหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้

ประโยชน์ของการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. ทราบถึงพฤติกรรมที่เกิดขึ้น (วัดได้) ของท่อทรายระบายน้ำต่อดินเหนียวบริเวณหนองงูเห่า

2. นำผลที่ได้ไปปรับปรุงเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานก่อสร้างต่อไป