

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

ดินเหนียวที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้นำมาจาก 3 บริเวณด้วยกัน คือ ดินหนองงูเห่า ดินพานทองและดินระนอง ตารางที่ 4.1, 4.3 และ 4.4 แสดงคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรม ส่วนประกอบทางด้านแร่และทางเคมีของดินเหนียวตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด

จากผลการศึกษาปฏิกิริยาและพฤติกรรมทางด้านสภาพกำลังของส่วนผสมดินเหนียว-ปูนขาว สามารถสรุปผลที่สำคัญได้ดังนี้

6.1.1 คุณสมบัติทางด้าน plasticity

- ค่า Liquid Limit ของส่วนผสมดินเหนียว-ปูนขาวที่มีแร่คาโอลิไนต์ เป็นแร่ดินเหนียวหลัก เช่นดินระนอง จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณปูนขาวที่ใช้ผสม
- ค่า Liquid Limit ของส่วนผสมดินเหนียว-ปูนขาวที่มีแร่มอนต์โมริลไลไนต์และอิลไลต์เป็นแร่ดินเหนียวหลัก เช่นดินหนองงูเห่าและดินพานทอง ค่า L L. จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณปูนขาวน้อย ๆ (น้อยกว่า 2 %) และจะมีค่าลดลงเมื่อปริมาณปูนขาวมากกว่า 2%
- ค่า Plastic Limit ของดินเหนียวตัวอย่างทั้ง 3 ชนิดจะมีค่าสูงขึ้นตามปริมาณปูนขาว
- ค่า Plasticity Index ของส่วนผสมดินเหนียว-ปูนขาวของดินตัวอย่างทั้ง 3 ชนิดจะลดลงตามปริมาณปูนขาวที่ผสม
- ดินหนองงูเห่าจะมีค่า Plasticity Index ค่าสุดเมื่อใช้ปริมาณปูนขาว 6%

6.1.2 คุณสมบัติทางการบดอัด

- ส่วนผสมดินเหนียว-ปูนขาวของตัวอย่างดินเหนียวทั้ง 3 ชนิด เมื่อทดสอบการบดอัดจะมีค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดลดลงและปริมาณความชื้นที่เหมาะสมเพิ่มขึ้นตามปริมาณปูนขาว

- เมื่อผสมปูนขาวประมาณ 10 % ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดจะลดลงจากค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดของตัวอย่างดินตามธรรมชาติที่บดอัดเป็นลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ ดินพานทอง (5.0 %) ดินระนอง (4.15 %) และดินหนองงูเห่า (2.76 %)

6.1.3 คุณสมบัติทางด้านส่วนประกอบแร่

จากการศึกษาโดยวิธี X-ray diffraction พบสารประกอบที่เกิดขึ้นใหม่ตามลำดับก่อน-หลังในส่วนผสมดินเหนียว-ปูนขาวดังนี้

C_4AH_{13} พบว่า peak 2.88, 3.80 และ 8.50 \AA°

CSH พบว่า peak 2.80 และ 3.03 \AA°

C_2SH_2 พบว่า peak 9.80 \AA°

C_3SH_2 พบว่า peak 5.00 \AA°

โดยพบการเกิดของสารประกอบแคลเซียมออกไซด์ในเวลาสั้นกว่าแคลเซียมซิลิเกต

6.1.4 คุณสมบัติทางการพัฒนากำลัง

- ดินระนอง เมื่อผสมกับปูนขาวเพียงเล็กน้อย (น้อยกว่า 2 %) ก็ทำให้เกิดการพัฒนากำลังตามระยะเวลาที่ทำปฏิกิริยา ในขณะที่ดินพานทองและดินหนองงูเห่าจะเริ่มพัฒนากำลังต่อเมื่อผสมปูนขาวมากกว่า 2 % และ 4 % ตามลำดับ

- ดินระนองมีอัตราการเพิ่มกำลังสูงที่สุด รองลงมาคือดินหนองงูเห่าและที่ต่ำสุดคือดินพานทอง

- มีการเปลี่ยนอัตราการใช้กำถ่วงอย่างมกในดินเหนียวตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด โดยระยะเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้กำถ่วงสามารถเรียงลำดับจากดินเหนียวตัวอย่างที่เกิดการเปลี่ยนแปลงเร็วที่สุดดังนี้ ดินระนอง (เวลาบ่ม 28 วัน) ดินหนองงูเห่า (เวลาบ่ม 56 วัน) และดินพานทอง (เวลาบ่ม 84 วัน) โดยส่วนประกอบที่มีผลต่อการเปลี่ยนอัตราการใช้กำถ่วงที่สำคัญคือ

ก. ปริมาณของ three-layer mineral โดยเฉพาะแร่มอนโทโมริลโลไนท์ กล่าวคือ ถ้ามีปริมาณมากจะต้องใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยากับปูนขาวมากตามไปด้วย

ข. ปริมาณปูนขาวที่ใช้ผสม ต้องมีปูนขาวปริมาณมากพอที่จะก่อให้เกิดปฏิกิริยา cation exchange อย่างสมบูรณ์กล่าวคือ แร่ดินเหนียวพวก three layer mineral อื่นด้วยด้วย Ca^{2+} แล้วเกิดการสลายตัวเป็นซิลิกาและ/หรืออลูมินามาทำปฏิกิริยา pozzolanic

- กำถ่วงของส่วนผสมดินเหนียว-ปูนขาวของดินเหนียวตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด จะมีค่าสูงขึ้นตามอุณหภูมิในการบ่ม นอกจากนี้พบว่าเมื่อใช้ปูนขาว 6 % ดินเหนียวตัวอย่างที่มีการพัฒนากำถ่วง เนื่องจากอุณหภูมิในการบ่มโดยเทียบจากกำถ่วงของส่วนผสมที่อุณหภูมิห้อง ($27^{\circ}C$.) พบว่า ดินระนองจะมีค่าสูงสุด รองลงมาคือดินหนองงูเห่า ส่วนดินพานทองมีค่าต่ำสุด

- ดินเหนียวที่มีแร่ดินเหนียวพวก three layer mineral เป็นส่วนใหญ่ จะมีการพัฒนากำถ่วงได้ดี เมื่อปริมาณความชื้นที่ใช้ผสมอยู่ทางด้านข้างของปริมาณความชื้นที่เหมาะสม

ส่วนดินเหนียวที่มีแร่ดินเหนียวพวก คาโอไลไนท์ปริมาณความชื้นจะไม่ค่อยมีผลในการพัฒนากำถ่วง

6.2 ข้อสรุปทั่วไปซึ่งเป็นผลที่ได้จากการวิจัย

จากการศึกษาคุณสมบัติดินต่าง ๆ และส่วนประกอบทางค้ำแรงของดินตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด เมื่อผสมด้วยปูนขาว สามารถให้ข้อสรุปทั่วไป ได้ดังนี้คือ

6.2.1 ปฏิกริยา cation exchange เป็นปฏิกริยาสำคัญที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางค้ำแรง Plasticity ซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากผสมปูนขาวเข้าไปในดินเหนียว

6.2.2 ปฏิกริยา pozzolanic จะเกิดขึ้นรวดเร็วมากแม้ระยะเวลาในการบ่มเพียง 1 วันและปฏิกริยานี้จะดำเนินต่อไปแม้ระยะเวลาในการบ่ม 168 วันก็ยังพบปฏิกริยา pozzolanic ดำเนินอยู่

6.2.3 ดินที่มีแร่ดินเหนียวประเภท three-layer mineral โดยเฉพาะแร่มอนท์โมริลโลไนท์ จะต้องการปริมาณปูนขาวสำหรับการเกิดปฏิกริยา cation exchange มากกว่าดินที่ประกอบด้วยแร่คาโอลิไนท์

6.2.4 ดินที่มีส่วนประกอบทางเคมีพวก อลูมิน่า (Al_2O_3) มากจะเกิดปฏิกริยา pozzolanic กับ CaO ในปูนขาวได้เร็ว ทำให้เกิดการพัฒนากำลังได้เร็วกว่าดินที่มีปริมาณอลูมิน่าต่ำกว่า

6.2.5 ปริมาณปูนขาวที่ใช้ผสมเพื่อพัฒนากำลังของดินเหนียว (การเกิดปฏิกริยา pozzolanic) จะมีความสัมพันธ์กับชนิดของแร่ดินเหนือน้อยมาก อย่างไรก็ตามชนิดของแร่ดินเหนียวที่ประกอบในตัวอย่างดินจะมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาในการพัฒนากำลัง กล่าวคือ ดินที่ประกอบด้วยแร่คาโอลิไนท์จะใช้เวลาในการพัฒนากำลังน้อยกว่าดินที่มีแร่มอนท์โมริลโลไนท์ และแร่โอลิไลท์ เป็นส่วนประกอบ

6.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

เนื่องจากการพัฒนากำลังของดินเหนียว เมื่อผสมปูนขาว เข้าไปดังได้ศึกษาในงานวิจัยนี้ได้ทำในท้องทดลอง ดังนั้นสำหรับผู้ที่จะวิจัยเรื่องนี้ต่อไปจึงควรศึกษาพฤติกรรมที่เกิดขึ้นที่ระยะเวลาในการบ่มต่าง ๆ ของดินเหนียวเมื่อผสมปูนขาวแล้วทำการบดอัดในสนาม ซึ่งสามารถนำผลที่ได้จากการวิจัยไปใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติของดินเหนียวในงานก่อสร้างได้ถูกต้องยิ่งขึ้น