



บทที่ 4

### การทดสอบที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

ภายหลังจากที่ได้คัดเลือกสาร stabilizer ที่เหมาะสมกับผงโลหะตัวอย่างได้แล้ว พร้อมทั้งทำการศึกษาและทบทวนผลงานในอดีต ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 และบทที่ 3 ข้างต้น ต่อไปก็จะเริ่มทำการทดสอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในครั้งนี้ เพื่อศึกษาถึงชนิดและ ปริมาณซีเมนต์ ปริมาณน้ำ กำลังที่เกิดขึ้น และองค์ประกอบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

จากผลการทดลองและวิเคราะห์หึ่งโลหะตัวอย่างในบทที่ 2 สามารถนำมาสรุปได้ใน ตารางที่ 4.1 ดังนคือ

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของผงโลหะตัวอย่าง

คุณสมบัติที่สำคัญ	ค่าที่ได้
1. ปริมาณ iron oxide	84.5 %
2. ขนาดของวัสดุที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200	100.0 %
3. ความถ่วงจำเพาะ	4.3
4. Liquid Limit	83.1 %
5. Plastic Limit	72.6 %
6. Plasticity Index	10.5 %

ซึ่งจากค่าต่าง ๆ เหล่านี้ จะเป็นแนวทางในการเตรียมผงโลหะตัวอย่าง เพื่อทำการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยต่อไป

#### 4.1 การทดสอบการบดอัดผงโลหะอย่างเดี่ยว

เนื่องจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการปรับปรุงคุณสมบัติผงโลหะใหม่กำลังสูงขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาถึงกำลังของผงโลหะเมื่อไม่ผสมสาร stabilizer เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับกำลังของผงโลหะเมื่อผสมด้วยด้วยซีเมนต์ ซึ่งเป็นสาร stabilizer ที่อัตราส่วนต่าง ๆ กัน ในการทดสอบครั้งแรกนี้ จะเป็นการทดสอบการบดอัดผงโลหะอย่างเดี่ยว โดยทำการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน (วิธี ก.) ตามมาตรฐานกรมทางหลวง การทดลองที่ ทล. - ท. 108 / 2517 เพื่อหาปริมาณน้ำที่ใส่ในผงโลหะ ซึ่งอบแห้ง แล้วให้ความหนาแน่นแห้งสูงสุด หรือเรียกว่าปริมาณน้ำที่ OMC (optimum moisture content) ซึ่งในการวิจัยจะใช้ค่า OMC ที่ได้นี้ ไปทดลองหาค่าของกำลังต่อไป

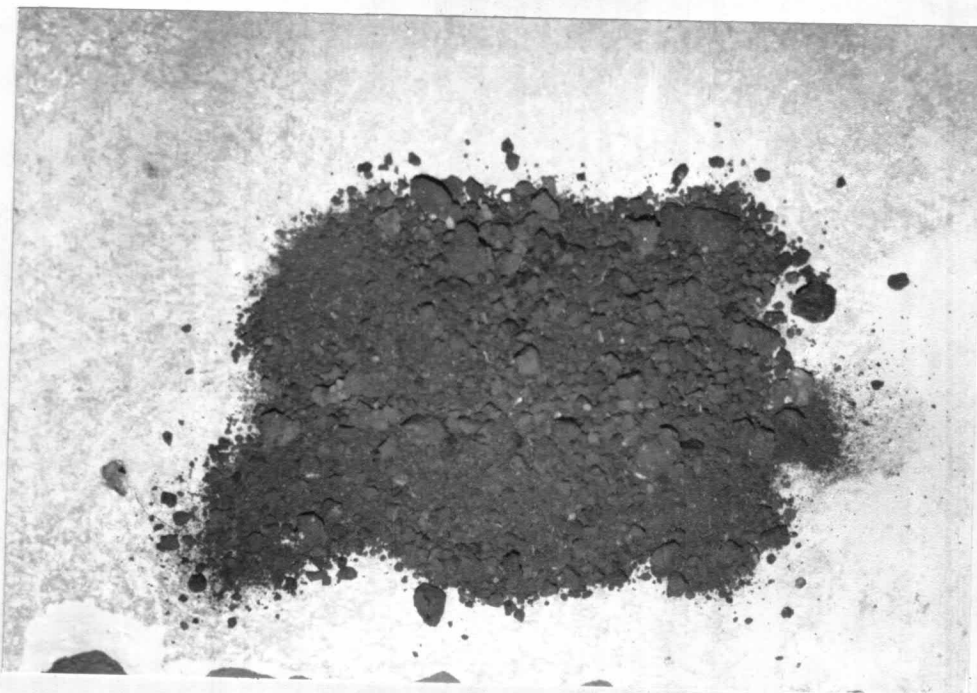
4.1.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ ทำการอบผงโลหะตัวอย่างให้แห้งในเตาอบที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส เพื่อไล่ปริมาณความชื้นที่มียู่เดิมออกให้หมด แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ส่วนใดของผงโลหะตัวอย่างที่ยังไม่ผ่าน ให้ใช้ช้อนยกตักออก แล้วนำมาร่อนใหม่ นำผงโลหะที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ไปใช้ทดสอบต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2

4.1.2 การทดสอบการบดอัด ในการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน (วิธี ก.) นี้ จะเติมน้ำที่ปริมาณต่าง ๆ กัน โดยเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของผงโลหะที่อบแห้ง นำค่าที่ได้จากการทดลองนี้ไป plot curve เพื่อหาค่าของ OMC ต่อไป

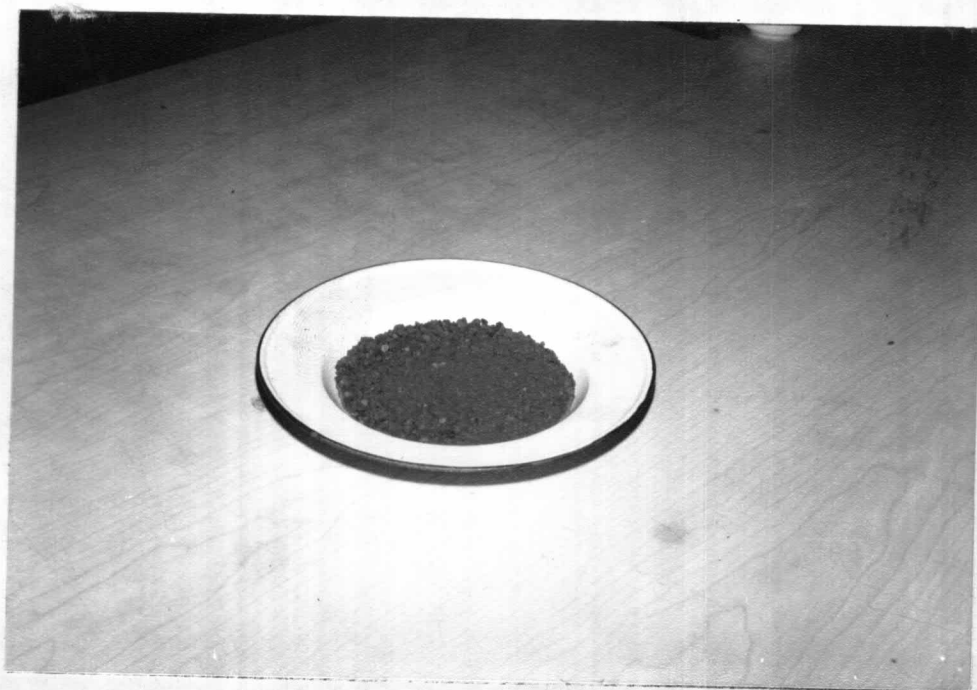
#### 4.2 การทดสอบ unconfined compressive strength (UCS) ของผงโลหะอย่างเดี่ยว

เป็นการหาค่ากำลังในรูปของ unconfined compressive strength ของผงโลหะที่ไม่ผสมซีเมนต์ ในการทดสอบนี้จะใช้ตามวิธีการทดลองหา unconfined compressive strength ของดิน ตามมาตรฐานกรมทางหลวง การทดลองที่ ทล. - ท. 104 / 2515

4.2.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ ทำการเตรียมผงโลหะตัวอย่างเช่นเดียวกับหัวข้อที่ 4.1.1



รูปที่ 4.1 กากวัสดุซึ่งนำมาจากโรงงานผลิตลวดเหล็กอัดแรง ซึ่งประกอบด้วยผงโลหะ โดยมี  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  เป็นสำคัญ



รูปที่ 4.2 นำมาทำการอบให้แห้งและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4

4.2.2 การทดสอบ UCS ในการทดลองหาค่า UCS นี้ จะใช้ปริมาณน้ำที่ OMC และการทดสอบหาค่า UCS จะใช้เครื่องมือทดสอบ "VERSA-TESTER" ดังแสดงในรูปที่ 4.3

#### 4.3 การทดสอบ CBR ของผงโลหะอย่างเดี่ยว

เป็นการหาค่ากำลังในรูปของ CBR ของผงโลหะที่ไม่ผสมซีเมนต์ ในการทดสอบนี้จะใช้ตามวิธีการทดลองเพื่อหาค่า CBR ตามมาตรฐานกรมทางหลวง การทดลองที่ ทล. - ท. 109 / 2517

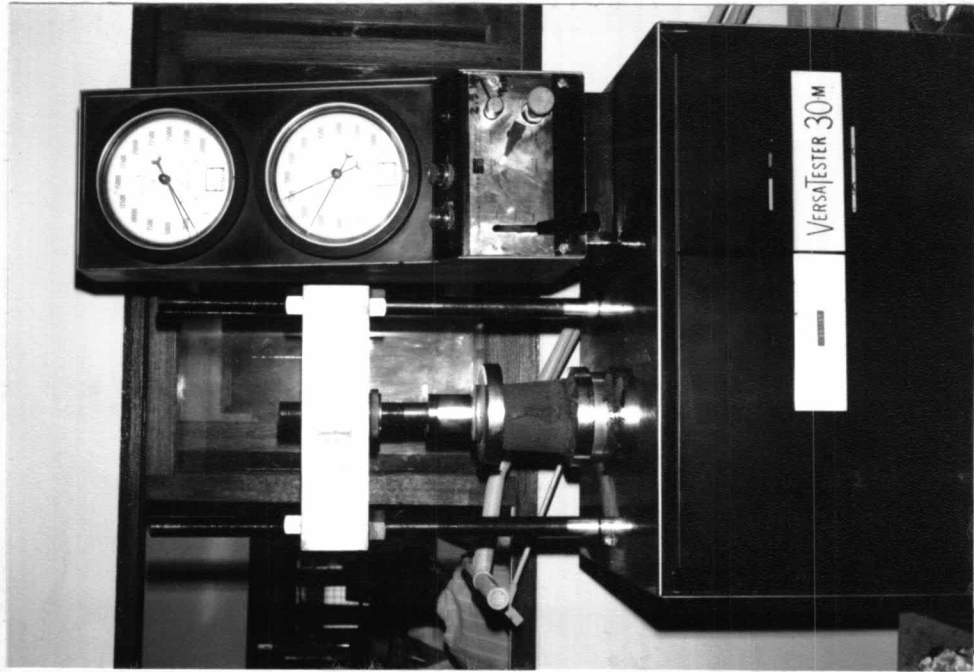
4.3.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ ทำการเตรียมผงโลหะตัวอย่างเช่นเดียวกับหัวข้อที่ 4.1.1

4.3.2 การทดสอบ CBR ในการทดลองเพื่อหาค่า CBR นี้ จะใช้ปริมาณน้ำที่ OMC

#### 4.4 การทดสอบการบดอัดผงโลหะผสมซีเมนต์

จากการทดลองในบทที่ 2 ซึ่งพบว่าผงโลหะตัวอย่างนี้อยู่ใน AASHTO SOIL GROUP A-5 และ A-7-5 และมีค่า Plasticity Index เท่ากับ 10.5 ดังนั้นจึงใช้ปริมาณซีเมนต์ที่ใส่ลงไปต่าง ๆ กัน โดยเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของผงโลหะที่อบแห้ง เพื่อใช้ในการทดสอบการบดอัด

ซึ่งจากการศึกษาวิจัยพบว่าปริมาณซีเมนต์ที่เริ่มมีผลต่อกำลังของผงโลหะตัวอย่างคือที่ 20 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในการทดสอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในครั้งนี้จึงใช้ปริมาณซีเมนต์ที่ 18 เปอร์เซ็นต์ 20 เปอร์เซ็นต์ 22 เปอร์เซ็นต์ 24 เปอร์เซ็นต์ 26 เปอร์เซ็นต์ และ 28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



รูปที่ 4.3 เครื่องมือที่ใช้ทดสอบหาค่า unconfined compressive strength "VERSA-TESTER"

4.4.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ ทำการเตรียมผงโลหะตัวอย่างเช่นเดียวกับหัวข้อที่ 4.1.1 สำหรับซีเมนต์เอน ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ตามมาตรฐาน มอก. 15 เล่ม 1 กระทบรองอุตสาหกรรม

4.4.2 การทดสอบการบดอัด ในการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน (วิธี ก.) ตามมาตรฐานกรมทางหลวง การทดลองที่ ทล. - ท. 108 / 2517 นี้ จะเติมน้ำที่ปริมาณต่าง ๆ กัน โดยเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของผงโลหะที่อบแห้งรวมกับซีเมนต์ นำค่าที่ได้จากการทดลองนี้ ไปหาค่าของ OMC ต่อไป

4.5 การทดสอบ unconfined compressive strength (UCS) ของผงโลหะผสมซีเมนต์

เป็นการหาค่ากำลังในรูปของ unconfined compressive strength ของผงโลหะผสมซีเมนต์ที่อัตราส่วนต่าง ๆ กัน โดยใช้ปริมาณน้ำที่ OMC ซึ่งได้จากการทดลองในหัวข้อที่ 4.4 ในการทดสอบนี้จะใช้ตามวิธีการทดลองหา unconfined compressive strength ของดิน ตามมาตรฐานกรมทางหลวง การทดลองที่ ทล. - ท. 104 / 2515

4.5.1 ปริมาณซีเมนต์และน้ำที่ใช้ ปริมาณซีเมนต์ที่ใช้จะสอดคล้องตามหัวข้อที่ 4.4 ส่วนปริมาณน้ำจะใช้น้ำที่ OMC ซึ่งหาได้จากการทดลองในหัวข้อที่ 4.4.2

4.5.2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ หลังจากที่ได้ผสมซีเมนต์ ผงโลหะที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 และอบแห้ง และปริมาณน้ำที่ OMC ของแต่ละเปอร์เซ็นต์ซีเมนต์ได้แล้ว ก็ทำการบดอัดส่วนผสมดังกล่าว ตามวิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน (วิธี ก.) ตามมาตรฐาน กรมทางหลวง การทดลองที่ ทล. - ท. 108 / 2517 แล้วนำแท่งผงโลหะผสมซีเมนต์ดังกล่าว ไปทำการบ่มในถุงพลาสติก เพื่อไม่ให้ความชื้นเปลี่ยนแปลงที่ระยะเวลา 7 วัน 14 วัน 21 วัน และ 28 วัน ตามลำดับ

4.5.3 การทดสอบ UCS นำแท่งโลหะผสมซีเมนต์ในหัวข้อที่ 4.5.2 ไปทำการทดสอบ เพื่อหาค่า UCS โดยใช้เครื่องทดสอบ VERSA-TESTER



#### 4.6 การทดสอบ CBR ของผงโลหะผสมซีเมนต์

เป็นการหาค่ากำลังในรูปของ California bearing ratio ของผงโลหะผสมซีเมนต์ที่อัตราส่วนต่าง ๆ โดยใช้ปริมาณน้ำผสมที่ OMC ซึ่งได้จากการทดลองในหัวข้อที่ 4.4 ในการทดสอบนี้ จะใช้ตามวิธีการทดลองเพื่อหาค่า CBR ตามมาตรฐานกรมทางหลวง การทดลองที่ ทล. - ท. 109 / 2517 โดยใช้การบดอัดใน mold ใหญ่ (เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว) ด้วยค้อนหนัก 10 ปอนด์ เป็นจำนวน 5 ชั้น ๆ ละ 25 ครั้ง ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับการทดสอบ UCS ในหัวข้อที่ 4.5

4.6.1 ปริมาณซีเมนต์และน้ำที่ใช้ ปริมาณซีเมนต์ที่ใช้ขึ้น จะสอดคล้องตามหัวข้อที่ 4.4 ส่วนปริมาณน้ำนั้น จะใช้ที่ OMC ซึ่งหาได้จากการทดลองในหัวข้อที่ 4.4.2

4.6.2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ หลังจากที่ได้ผสมซีเมนต์ ผงโลหะที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 และอบแห้ง และปริมาณน้ำที่ OMC ของแต่ละเปอร์เซ็นต์ซีเมนต์ได้แล้ว ก็ทำการบดอัดส่วนผสมดังกล่าวตามวิธีการทดลองเพื่อหาค่า CBR แล้วนำแท่งผงโลหะผสมซีเมนต์ดังกล่าว ไปทำการบ่มในถุงพลาสติก เพื่อไม่ให้ความชื้นเปลี่ยนแปลงที่ระยะเวลา 7 วัน 14 วัน 21 วัน และ 28 วัน ตามลำดับ ในการทดลองนี้จะใช้แบบ วิธี ข. การทดลองแบบไม่แช่น้ำ (unsoaked) แต่ในบางตัวอย่างจะใช้แบบ วิธี ก. การทดลองแบบแช่น้ำ (soaked) เพื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบกัน

4.6.3 การทดสอบ CBR นำแท่งโลหะผสมซีเมนต์ในหัวข้อที่ 4.6.2 ไปทำการทดสอบ เพื่อหาค่า CBR ต่อไป

หมายเหตุ วิธีการทดลองต่าง ๆ โดยละเอียดได้รวบรวมไว้ในภาคผนวก ข