

บทที่ 3 วิธีการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ในการวิจัย

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

- ก. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่งตรว้าง ซึ่งมีคุณสมบัติดังตารางที่ 3.1
- ข. ทรายล่อยจาก อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง ซึ่งมีคุณสมบัติดังตารางที่ 3.1
- ค. ดินมวลรวม ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ใช้ดินมวลรวมจาก อ.แม่โจ้ จ.เชียงใหม่ โดยขนาดละเอียดและคุณสมบัติทางกายภาพแสดงไว้ในภาคผนวก ก.
- ง. ทรายแม่น้ำ ซึ่งมีขนาดละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ก
- จ. น้ำประปา
- ฉ. เครื่องอัดซินวาแรม แสดงในรูปที่ 3.1
- ช. เครื่องผสมคอนกรีตแบบกะทะ (Pan Mixer) แสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 เครื่องอัดซินวาแรม



รูปที่ 3.2 เครื่องผสมคอนกรีตแบบกะทะ

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของปูนซีเมนต์และเถ้าลอย

คุณสมบัติ	ปูนซีเมนต์ *	เถ้าลอย **
SiO ₂ (%)	20.20	40.89
Fe ₂ O ₃ (%)	2.92	13.33
Al ₂ O ₃ (%)	5.42	19.79
CaO (%)	63.82	14.54
MgO (%)	1.50	2.08
SO ₃ (%)	2.30	2.71
LOI (%)	2.92	0.35
ความถ่วงจำเพาะ	3.15	2.20
ความละเอียด (wet sieve, >45 μm. %)	-	37.5

* ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างปูนซีเมนต์โดยบริษัทสยามซีเมนต์ จำกัด

** ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างเถ้าลอยโดยฝ่ายวิจัยและพัฒนา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2543)

3.2 การทดลอง

การวิจัยในครั้งนี้จะแบ่งการทดลองออกเป็นสองส่วนใหญ่ๆ ซึ่งในส่วนแรกเป็นการทดลองเพื่อทดสอบหาส่วนผสมที่เหมาะสมของวัสดุมวลรวมที่ใช้และหาปริมาณร้อยละของน้ำที่ต้องใช้ในการเตรียมอิฐตัวอย่าง ซึ่งอิฐตัวอย่างประกอบด้วยอิฐดินซีเมนต์และอิฐดินซีเมนต์ผสมเถ้าลอย โดยใช้เถ้าลอยแทนปูนซีเมนต์ในอัตราร้อยละ 15, 25 และ 35 ดังแสดงในตารางที่ 3.2 จากนั้นนำอิฐตัวอย่างมาทำการทดลองในส่วนที่สองคือการทดสอบกำลังรับแรงอัดและความคงทนต่อการสึกกร่อนของอิฐตัวอย่าง ซึ่งรายละเอียดของการทดลองทั้งสองส่วนมีดังต่อไปนี้

3.2.1 การทดลองส่วนที่ 1 การทดสอบเพื่อหาส่วนผสมของวัสดุมวลรวมที่เหมาะสมและหาปริมาณร้อยละของน้ำที่ต้องใช้ในการทำอิฐดินซีเมนต์ตัวอย่าง ซึ่งการหาส่วนผสมของวัสดุมวลรวมที่เหมาะสมจะพิจารณาจากขนาดผลของวัสดุมวลรวมและคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุมวลรวมและการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการทำอิฐดินซีเมนต์จะพิจารณาจากการทำการบดอัด การทดลองในส่วนนี้ประกอบด้วย

ก. การวิเคราะห์ขนาดผลของวัสดุมวลรวมโดยวิธีร่อนผ่านตะแกรง (Sieve Analysis)

การวิเคราะห์โดยวิธีร่อนผ่านตะแกรงเป็นการหาขนาดผลของดินมวลรวม (ลูกรัง) ที่นำมาใช้ในการทดสอบ เนื่องจากดินมวลรวม (ลูกรัง) ในแต่ละแหล่งจะมีขนาดผลที่แตกต่างกันไป แม้กระทั่งดินมวลรวม (ลูกรัง) ที่นำมาจากแหล่งเดียวกันจะมีขนาดผลที่ต่างกันด้วย ดังนั้นเพื่อให้ได้ปัจจัยความแปรปรวนของขนาดผลของดินมวลรวมในการทดสอบ งานวิจัยนี้จึงได้ทดลองผสมดินมวลรวมกับทรายในปริมาณต่างๆ กัน เพื่อให้วัสดุมวลรวม (ดินและทราย) มีขนาดผลดี ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้กันทั่วไป (Houben, H. and Guillaud, H., 1994) และได้ทำการแยกขนาดเม็ดดินของดินมวลรวมออกเป็น 2 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 คือ ผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 4 ถึงค้ำตะแกรงมุ้งลวด (มีขนาดใกล้เคียงกับตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 14)

ส่วนที่ 2 คือ ผ่านตะแกรงมุ้งลวดทั้งหมด

โดยได้นำดินมวลรวมส่วนที่ 1 ดินมวลรวม ส่วนที่ 2 และทราย มาทดลองผสมในอัตราส่วนต่างๆ ดังนี้ ดินมวลรวมส่วนที่ 1 : ดินมวลรวมส่วนที่ 2 : ทราย เท่ากับ 7.5 : 42.5 : 50, 9 : 51 : 40, 10.5 : 59.5 : 30 และ 12 : 68 : 20

ข. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุมวลรวมที่ได้

คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุมวลรวมที่นำมาพิจารณาคือ ชีดจำกัดเหลว (Liquid Limit) และพิกัดพลาสติก (Plastic Limit) ซึ่งทดสอบตามมาตรฐาน AASHTO T89 และ AASHTO T90

ค. การทดสอบการบดอัด (Compaction Test)

การทดสอบการบดอัดเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งของส่วนผสมวัสดุมวลรวมและปูนซีเมนต์กับปริมาณน้ำ ในการทดสอบนี้จะนำส่วนผสมระหว่างวัสดุมวลรวมและปูนซีเมนต์ โดยเปลี่ยนปริมาณของปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 9, 12, 15, 18 และ 21 โดยน้ำหนัก มาบดอัดตามมาตรฐาน AASHTO T 99 และทำการหาปริมาณความชื้นเหมาะสมที่ต้องใช้ในแต่ละส่วนผสมเพื่อให้ได้ความหนาแน่นสูงสุด

3.2.2 การทดลองส่วนที่ 2 การทดสอบเพื่อหากล้างอัดและความคงทนต่อการสึกกร่อนของอิฐตัวอย่าง การทดลองในส่วนนี้ประกอบด้วย

ก. การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐตัวอย่าง (Compression Test)

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐตัวอย่างจะกระทำตามมาตรฐาน ASTM C67 โดยจะทำการทดสอบตัวอย่างของอิฐแต่ละชุด ที่ระยะเวลา 7, 14, 28 และ 60 วัน ซึ่งในการทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐในแต่ละครั้งจะแบ่งสภาพของตัวอย่างออกเป็น 2 สภาพ คือ สภาพแห้ง (Unsoaked) และสภาพชุ่มน้ำ (Soaked) การทดสอบในสภาพแห้งคือ การทดสอบหลังจากปล่อยให้อิฐตัวอย่างอยู่ในร่ม 4 วันเมื่อนำออกจากห้องบ่ม สำหรับการทดสอบในสภาพชุ่มน้ำจะทำโดยนำอิฐตัวอย่างออกจากห้องบ่มแล้วนำไปแช่น้ำ 4 วันและนำมาผึ่งให้แห้งก่อนการทดสอบ (ชุตินทร เพ็ชรไชย และคณะ, 2528)

ข. การทดสอบความคงทนต่อการสึกกร่อนของอิฐตัวอย่าง (Durability Test)

การทดสอบความคงทนต่อการสึกกร่อนจะเป็นการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D559 โดยวิธี Wet and Dry Process ซึ่งในการทดสอบดังกล่าวจะนำอิฐตัวอย่างที่อายุ 7 วัน ไปแช่น้ำ 5 ชั่วโมง จากนั้นนำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 71 เซลเซียส เป็นระยะเวลา 42 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นแล้วทำการปิดเศษดินที่หลุดออกด้วยแปรงให้แล้วเสร็จภายใน 1 ชั่วโมง ซึ่งในการทดสอบแต่ละรอบจะใช้เวลารวม 48 ชั่วโมง การทดสอบสำหรับอิฐตัวอย่างในแต่ละชุดจะใช้ตัวอย่างจำนวน 3 ก้อน ทำการทดสอบดังกล่าวข้างต้นทั้งสิ้น 12 รอบ หลังจากรอบสุดท้ายจะนำอิฐตัวอย่างเข้าอบที่อุณหภูมิ 110 เซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ และทำการหาร้อยละของน้ำหนักที่หายไป

การทดสอบสำหรับการทดลองในส่วนที่สองนี้จะใช้ตัวอย่างทั้งสิ้นดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนของปูนซีเมนต์แต่ละส่วนผสม

ชุดที่	ปริมาณปูนซีเมนต์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ส่วนผสมที่	ปริมาณเถ้าลอยที่ใช้แทนที่ปูน ซีเมนต์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
1	9	1	0
		2	15
		3	25
		4	35
2	12	1	0
		2	15
		3	25
		4	35
3	15	1	0
		2	15
		3	25
		4	35
4	18	1	0
		2	15
		3	25
		4	35
5	21	1	0
		2	15
		3	25
		4	35

ตารางที่ 3.3 จำนวนตัวอย่างอิฐดินซีเมนต์ที่ใช้ในการทดลองส่วนที่ 2

การทดสอบ	จำนวนตัวอย่าง (ต่อส่วนผสมหนึ่งชุด)	จำนวนตัวอย่างทั้งหมด (5 ชุด)
1. การทดสอบการรับแรงอัดที่ อายุ 7 14 28 และ 60 วัน ใน สภาพแห้ง	48	240
2. การทดสอบการรับแรงอัดที่ อายุ 7 14 28 และ 60 วัน ใน สภาพชุ่มน้ำ	48	240
3. การทดสอบความคงทนต่อ การสึกกร่อน	15	75
จำนวนตัวอย่างทั้งหมด	111	555

3.3 ขั้นตอนการเตรียมส่วนผสม

3.3.1 นำดินมวลรวมและทรายไปอบให้แห้งในเตาอบ ที่อุณหภูมิ 100-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.3.2 ร่อนดินมวลรวมด้วยตะแกรงเบอร์ 4 และตะแกรงมุ้งลวด โดยใช้ปริมาณของแต่ละส่วนตามที่ได้ในหัวข้อที่ 3.2.1(ก)

3.3.3 เตรียมปริมาณน้ำตามที่ได้จากหัวข้อ 3.2.1(ค)

3.3.4 เตรียมปูนซีเมนต์ เถ้าลอย ตามตารางที่ 3.2

3.4 ขั้นตอนการผสมอิฐดินซีเมนต์

3.4.1 ทำความสะอาดเครื่องอัดขึ้น瓦แรม และตรวจสอบสภาพให้พร้อมก่อนใช้งาน

3.4.2 ชั่งน้ำหนักน้ำ ปูนซีเมนต์ เถ้าลอย ดินมวลรวม และทราย ตามส่วนผสมที่กำหนด (ดูในภาคผนวก ก)

3.4.3 ทำความสะอาดเครื่องผสม จากนั้นใช้ผ้าชุบน้ำเช็ดพอหมาดๆ เพื่อป้องกันการดูดกลืนน้ำของเครื่องผสม ดินจะมีผลทำให้น้ำในส่วนผสมน้อยกว่าที่คำนวณไว้

3.4.4 นำวัสดุเทลงในเครื่องผสมโดยมีขั้นตอนดังนี้ (Walker, P.J., 1997)

ก. เทดินมวลรวมและทรายลงในเครื่องผสม คลุกเคล้าให้เข้ากันโดยใช้เวลาในการผสม 2-3 นาที

ข. เทส่วนผสมของปูนซีเมนต์และเถ้าลอยลงในเครื่องผสม ใช้พลาสติกปิดฝาเครื่องผสมเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของปูนซีเมนต์และเถ้าลอยออกจากเครื่องผสม ทำให้ส่วนผสมไม่เปื้อนไปตามที่คำนวณไว้ จากนั้นเปิดเครื่องผสมใช้เวลาผสมประมาณ 1 นาที

ค. เมื่อได้ส่วนผสมแห้งแล้วหลังจากฝุ่นหยุดการฟุ้งกระจายค่อยๆเทน้ำที่จะผสมลงในเครื่องผสม เพื่อให้ น้ำคลุกเคล้ากับส่วนผสมอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ โดยจะใช้เวลาในการผสมในขั้นตอนนี้ประมาณ 2 นาที

3.4.5 เทส่วนผสมที่ได้ออกจากเครื่องผสม จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักตามที่คำนวณไว้ (ดูในภาคผนวก ค) เพื่อที่จะนำไปอัดเป็นอิฐตัวอย่าง

3.5 การตั้งชื่อตัวอย่างอิฐ

เนื่องจากการทดสอบมีจำนวนอิฐตัวอย่างค่อนข้างมาก ดังนั้นจึงมีการตั้งชื่อของอิฐตัวอย่างดังนี้

3.5.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการทดสอบได้แก่

XX% , YY% , ห , Zว. หมายถึง อิฐดินซีเมนต์ที่ทำการทดสอบในสภาพแห้ง
XX% , YY% , ป , Zว. หมายถึง อิฐดินซีเมนต์ที่ทำการทดสอบในสภาพชุ่มน้ำ
โดยที่

XX หมายถึง ปริมาณปูนซีเมนต์โดยน้ำหนัก

YY หมายถึง ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ถูกแทนที่โดยเถ้าลอยโดยน้ำหนัก

Z หมายถึง ระยะเวลาการบ่ม

ว. หมายถึง วัน

3.5.2 ตัวอย่างการอ่านสัญลักษณ์

- 9% , 0% , ห , 7ว. หมายถึง อิฐดินซีเมนต์ที่ทำการทดสอบในสภาพแห้ง มีปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 9 ถูกแทนที่โดยเถ้าลอยร้อยละ 0 และใช้ระยะเวลาในการบ่ม 7 วัน

- 12% , 15% , ป , 14ว. หมายถึง อิฐดินซีเมนต์ที่ทำการทดสอบในสภาพชุ่มน้ำ มีปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 12 ถูกแทนที่โดยเถ้าลอยร้อยละ 15 และใช้ระยะเวลาในการบ่ม 14 วัน